

UNIVERZITA KARLOVA
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA FYZICKÉ GEOGRAFIE A GEOEKOLOGIE



ANTROPOGENNÍ OVLIVN ĚNÍ ODTOKOVÉHO REŽIMU V POVODÍ VYDRY

ANTHROPOGENIC IMPACT UPON THE VYDRA RIVER BASIN
RUNOFF REGIME

DIPLOMOVÁ PRÁCE

LENKA ŠEVČÍKOVÁ

VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE : RNDR. JAN KOCUM

PRAHA, SRPEN 2009

Na tomto místě bych velmi rád poděkoval všem, kteří mají velký podíl na tom, že tato práce mohla vzniknout. Můj velký dík patří vedoucímu práce RNDr. Janu Kocumovi, za odborné vedení, za všechny důležité připomínky a rady poskytnuté během zpracování práce a také za vstřícný přístup a ochotu kdykoliv poradit. Můj dík patří také vedoucímu katedry fyzické geografie a geoekologie panu Doc. RNDr. Bohumíru Janskému, CSc. za cenné podněty a kvalitní spolupráci. Dále bych chtěl poděkovat všem institucím, kterým ochotně poskytly potřebná data, zejména Českému hydrometeorologickému ústavu a Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy, katedru fyzické geografie a geoekologie. Dále můj dík patří vedení vodní elektrárny Vydra, zejména panu Jiřímu Kysilkovi, za poskytnutí interních materiálů a dat z vlastní databáze Západočeské energetiky, a.s. V neposlední řadě bych rád poděkoval za spolupráci všem svým kolegům, kteří se podílejí na výzkumu v oblasti horního toku Otavy, a také své rodině a panu Josefu Kelemenovi z vedení společnosti UGA, spol. s r.o., za všestrannou podporu a poskytnutí dostatečného času pro zpracování práce.

Tímto prohlašuji, že jsem svou magisterskou práci vypracoval zcela samostatně na základě tématu svého výzkumu a s využitím pramenů uvedených v seznamu. Svoluji zaplacení této práce ke studijním účelům.

V Praze dne

.....
Lenka Šev

číková

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| 1.Úvod..... | 6 |
| 1.1.Cílepráce..... | 6 |
| 1.2.Strukturapráce..... | 7 |
| 2.Fyzicko-geograficképom ěryzájmovéhoúzemí | 8 |
| 2.1.Vymezenístudovanéoblasti..... | 8 |
| 2.2.Geologickástavba..... | 10 |
| 2.3.Georfologicképom ěry..... | 11 |
| 2.4.P ůdnípom ěry..... | 13 |
| 2.5.Klimaticképodmínky..... | 14 |
| 2.5.1.Teplotnícharakteristika..... | 16 |
| 2.5.2.Srážkovácharakteristika..... | 17 |
| 2.5.3.Sn ěhovépom ěry..... | 20 |
| 2.6.Hydrografickáehydrologicképom ěry..... | 21 |
| 2.7.Landuse,landcover..... | 25 |
| 2.8.Biogeografie..... | 26 |
| 2.9.Ochranap řírodyakrajiny..... | 27 |
| 3.Materiálametody | 28 |
| 3.1.Datovézdroje..... | 28 |
| 3.2.Použitímetody..... | 29 |
| 4.Antropogenníovlivn ěníodtokovéhohorežimu | 30 |
| 4.1.Vliv ělověkanahydrologickýrežimvodníchtok ů..... | 30 |
| 4.2.Impakt ělověkavzájmovémúzemí..... | 31 |
| 4.3.Analýzaodtokovéhohorežimuvzájmovémpovodí..... | 33 |
| 4.3.1.Hodnocení denníchpr ůtoků..... | 35 |
| 4.3.2.Hodnocení m ěsíčníchpr ůtoků..... | 38 |
| 4.3.3.Hodnocení ro ěčníchpr ůtoků..... | 40 |
| 4.3.4.Odtokovécharakteristiky..... | 44 |
| 4.3.5.PorovnáníodtokovéhohorežimuvprofilechVydra-ModravaaOtava-Rejštej..... | 46 |
| 4.3.6.Jednoduchéapodvojnésou ětové ěáry..... | 49 |
| 4.4.Antropogenníovlivnaodtokovýrežimvzájmové m území..... | 52 |
| 4.4.1.N ěkdejšíakumula ěnínádrže(klauzy)..... | 52 |
| 4.4.1.1.Potenciálnívýužitíreten ěních nádrží..... | 53 |
| 4.4.1.2.P řípadovástudie..... | 54 |
| 4.4.2.Rašeliništ ě..... | 58 |
| 4.4.2.1.Hydrologickáfunkcераšeliništ ě..... | 58 |
| 4.4.2.2.Odvodn ěníašeliništ ě..... | 59 |
| 4.4.2.3.Revitalizacераšeliništ ě..... | 60 |
| 4.4.2.4.P řípadovástudie..... | 61 |
| 4.4.3.Lesníporosty..... | 66 |
| 4.4.3.1.Zm ěnadruhovéskladbyles ů..... | 66 |
| 4.4.3.2.Zdravotnístavles ů..... | 67 |
| 4.4.3.3.P řípadovástudie..... | 69 |
| 4.4.4.Vodníenergie..... | 74 |
| 4.4.4.1.Vchynicko-tetovskýplavebníkanál..... | 74 |
| 4.4.4.2.ElektránaVydraa ěeňkovaPila..... | 75 |

| | |
|--|-----------|
| 4.4.4.3. Minimální ústatkový průtok (MZP) a historie jeho určování..... | 76 |
| 4.4.4.4. Minimální ústatkový průtok malé vodní elektrárny (MVE)..... | 78 |
| 4.4.4.5. Dopady na ekologický stav vodního ekosystému..... | 78 |
| 4.4.4.6. Minimální ústatkový průtok ve Vydřepodoběrným místem Rečle..... | 79 |
| 5. Diskuze a závěr..... | 86 |
| 6. Seznam použitých zdrojů literatury | 88 |
| 6.1. Použitá literatura..... | 88 |
| 6.2. Použitá zdroje..... | 92 |
| 7. Seznam obrázků..... | 94 |
| 8. Seznam tabulek | 96 |

Antropogenní ovlivnění odtokového režimu v povodí Vydry

Abstrakt

Předložená magisterská práce se zabývá zhodnocením historického i současného antropogenního zatížení povodí Vydry a posouzením vlivu člověka na odtokový režim zdejších toků. V návaznosti na stručnou charakteristiku přírodních poměrů území je hodnocen režim odtoku v zájmovém povodí pomocí různých statistických metod. Komplexní posouzení jednotlivých antropogenních zásahů je podpořeno konkrétními studiemi a příklady. Práce je doplněna návrhem možností dalšího směřování z hlediska retence vody v pramenné oblasti Otavy.

Klíčová slova: antropogenní ovlivnění, odtokový režim, Vydra, retenční potenciál, automatický hladinoměr, statistické metody, klauza, rašeliniště, zdravotní stav porostu, minimální zůstatkový průtok

Anthropogenic impact upon the Vydra River basin runoff regime

Abstract

Submitted diploma thesis deals with an assessment of historical and present anthropogenic loading in the Vydra River basin and with an evaluation of human impact on its runoff regime. Further to the brief characterization of natural conditions, runoff regime in the studied basin is assessed using different statistical methods. Complex evaluation of each anthropogenic impact is supported by concrete case studies. Thesis is completed by the outline of future possible routing with respect to water retention in the Otava River headstream area.

Keywords: anthropogenic impact, runoff regime, Vydra River, retention potential, automatic water level gauge, statistical methods, accumulation reservoir, peat bog, vegetation health state, minimal residual discharge

1. Úvod

Zásah člověka do přírodní krajiny, jeho kvantifikace a zejména následky ovlivňující všechny složky přírodní sféry, se stává v posledních letech čím dál více diskutovaným tématem, a to nejen mezi odborníky. Zároveň se sílí snaha o zachování přírodního rázu krajiny a případně o navrácení antropogenně již ovlivněných oblastí do původního nebo přírodně blízkého stavu aplikací účinných revitalizačních opatření. Oblast Národního parku Šumava je považována za jedno z přírodně velmi cenných a člověkem nejméně dotčených území. Přesto ani této oblasti se v minulosti negativní zásahy člověka nevyhnuly. Vliv člověka je přímo i nepřímo velmi znatelný mimo jiné v souvislosti se změnami hydrologického režimu řek. Při rozvoji odtokového procesu je přitom ovlivňován člověkem již u samého jeho zrodu, tedy v pramenných oblastech toků. Jedná se především o hospodaření na zemědělské a lesní půdě, které může zásadním způsobem modifikovat mechanismus odtoku vody z krajiny. V poslední době jsme svědky událostí, které podnětují diskuzi ohledně širokého komplexu otázek protipovodňové ochrany a problému sucha do budoucna. Pramenná oblast Otavy je přitom jednou ze zdrojových oblastí formování extrémních odtokových situací. I proto je zhodnocení antropogenního ovlivnění hydrologického režimu v tomto území a navržení možností a opatření ke zvýšení retence vody v krajině jedním z důležitých úkolů.

Předložená diplomová práce je součástí širce pojatého více než tříletého výzkumu v tomto území zaměřujícího se na zhodnocení retenčních potenciálů zdejší krajiny a možnou realizaci četných postupů souvisejících se zpomalováním odtoku a zvyšováním retence vody ve zdrojových oblastech toků. Vznikla za finanční podpory projektu VaV SM/2/57/05 - Dlouhodobé změny povodňových ekosystémů v nížních toků postižených extrémními záplavami, jehož zadavatelem bylo Ministerstvo životního prostředí a hlavním řešitelem RNDr. Jakub Langhammer, Ph.D., a projektu GAUK 2371/2007 - Retence vody v pramenných oblastech řek jako nástroj integrované protipovodňové ochrany řešení problému sucha (hlavní řešitel RNDr. Jan Kocum). Zároveň práce spadá i do výzkumného záměru Geografické sekce PŘF UK MSM 0021620831 - Geografická struktura a vývoj i interakce v přírodního prostředí a společnosti (zadavatel MŠMT, hlavní řešitel Doc. RNDr. Luděk Sýkora, Ph.D.).

1.1. Cíle práce

Cílem práce je vystihnout v hlavních směrech antropogenní zatížení studovaného území se zaměřením na ovlivnění hydrologického režimu Vydry, jejíž povodí tvoří největší část zájmové oblasti. Je třeba zhodnotit historické i současné zásahy člověka do zdejší krajiny a hydrologického režimu vodních toků a posoudit jejich dopady jako pozitivní nebo negativní vzhledem k přírodně blízkému charakteru území. To spočívá především ve vyhodnocení a porovnání hydrologických režimů toků v území v souvislosti s možným antropogenním narušením a nastínění možností budoucího vývoje. Oblast je hodnocena komplexně z různých pohledů, přičemž ucelený obraz na studovanou tematiku je doplněn konkrétními studiemi a příklady. Výsledkem by tak mělo být přehledné shrnutí všech rozhodujících antropogenních vlivů na hydrologický režim Vydry, přímých i nepřímých, které

jsou výsledky v minulosti proběhlých zásahů jsou časně probíhající aktivit člověka, v čteně posouzení jejich prospěšnosti či naopak nežádoucích dopadů na životní prostředí.

1.2. Struktur práce

Práce se dělí do několika částí. Nejprve se v krátkosti zabývá stručnou fyzicko-geografickou charakteristikou studovaného území a poskytl tak základní představu o přírodních poměrech, které zákonitě ovlivňují srážko-odtokové vztahy v území a jsou zároveň rozhodující při směřování a určování druhu antropogenních zásahů do území. Následně se zabývá hodnocením odtokového režimu Vydry a dalších toků v vzájemném území. Pomocí základních statistických metod hodnotí odtok z hlediska denních, měsíčních a ročních průtoků, v návaznosti na to pak metodou součtových čar zjišťuje míru antropogenního vlivu na jeho režim. Další částí práce je pak shrnutí čtyř základních oblastí, prostřednictvím kterých člověk zájmové území v minulosti ovlivňoval a ovlivňuje dodnes v č. posouzení důsledků tohoto působení. Jsou zde zmíněna i opatření uplatňovaná v současnosti a nástin budoucích možností, které lze v příslušné oblasti Otavy realizovat. Tato část zpracovávána především formou rešerše je doplněna konkrétními případovými studii (case studies) v rámci zájmového území. V závěru práce jsou stručně shrnuty hlavní výsledky výzkumu a možnosti jejich dalšího využití.

2. Fyzicko-geografické poměry zájmového území

Tato kapitola stručně charakterizuje přírodní poměry vyzkoumaného území a podává tak základní představu o podmínkách ovlivňujících hydrologický poměr a vývoj antropogenních aktivit v oblasti.

2.1. Vymezení studované oblasti

Studovaná oblast zahrnuje celé povodí Vydry, včetně povodí Vchynicko-tetovského kanálu a části horního povodí Otavy pod profilem Rejštejnu v stejnojmenné obci. Pouze nepatrná část zájmové oblasti přesahuje hranici České republiky a zasahuje tak na území sousedního Německa. Vzhledem k tomu, že se z hlediska studované problematiky jedná o relativně nepatrnou plochu, nebude jí v práci věnována přílišná pozornost. Takto vymezená oblast zaujímá plochu 184,07 km².

Vydra pramení blízko státní hranice s Německem na severním svahu Luzného vrchu nadmořské výšce 1192,0 m na zrašeliněném povrchu Hraníční slati. Od pramene nese název Luzenský potok a dále po soutoku s Březnickým potokem Modravský potok. Od soutoku s Roklanským potokem nese jméno Vydra až po soutok s Křemelnou u Čeňkovic Pily. Vydra má zhruba severní směr toku a charakter horské říčky s mnoha přehradami. Koryto je zaneseno žulovými balvany vznikajícími rozpadem žulového masivu Vydry. Typické jsou i mnohé evorzní tvary, například obří hrnce. Řeka Otava vzniká soutokem Vydry a Křemelné pod obcí Srní blízko obce Čeňkova Pila a je levostranným přítokem Vltavy. Na svém horním toku má charakter horské bystřiny s kamenitým dnem a řečištěm. Nejvýznamnější přítoky a další hydrografické a hydrologické charakteristiky jsou popsány v kapitole 2.6.

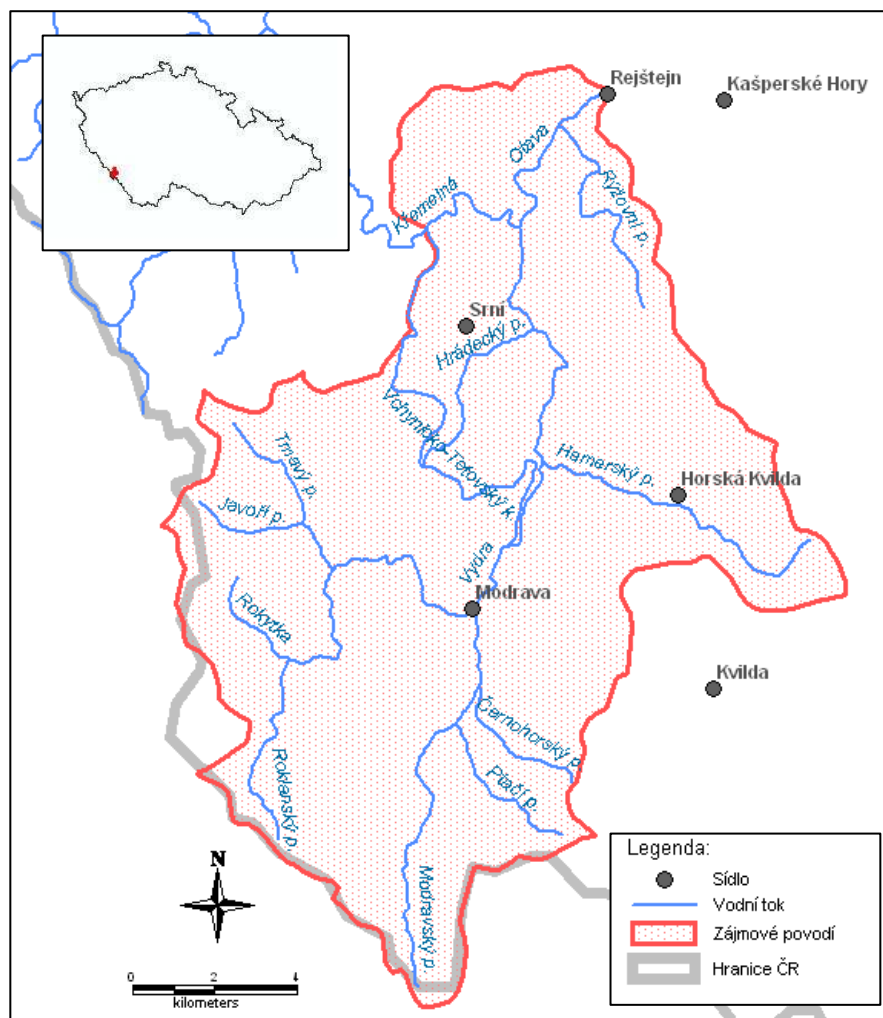


Obr. 1: Vydravý úsek pod Rejštejnem
(foto: autor)

Hranice povodí probíhá po následujících vrcholech (proti směru hodinových ručiček, v m. n. m.): Luzný 1373, Velká Mokrůvka 1370,2, Malá Mokrůvka 1330,3, Mrtvý vrch 1253,8, Černá hora 1315,4, Čertův vrch 1244,2, Tetřev 1260, Březová hora 1193,4, Hůrka 1158, Přílba 1219,1, Ranklov 1140, Huťská hora 1187,1, závěrový profil Rejštejnu, Křemelná 1125, soutok Vydra – Křemelná, Sedelský vrch 926,2, záústění skluzu Vchynicko-tetovského kanálu do Křemelné, Jezernice 1266, Poledník 1315,2, Beerenkopf 1158, Blatný vrch 1367,4, Špičák 1350, Luzný 1373.

Celé studované povodí leží v chráněné oblasti Národního parku Šumava. Jeho odstupňovaná ochrana je znázorněna v kap. 2.9.

Název Vydranese řeky pravděpodobně díky výskytu chráněných vyder říčních (*Lutra lutra*).

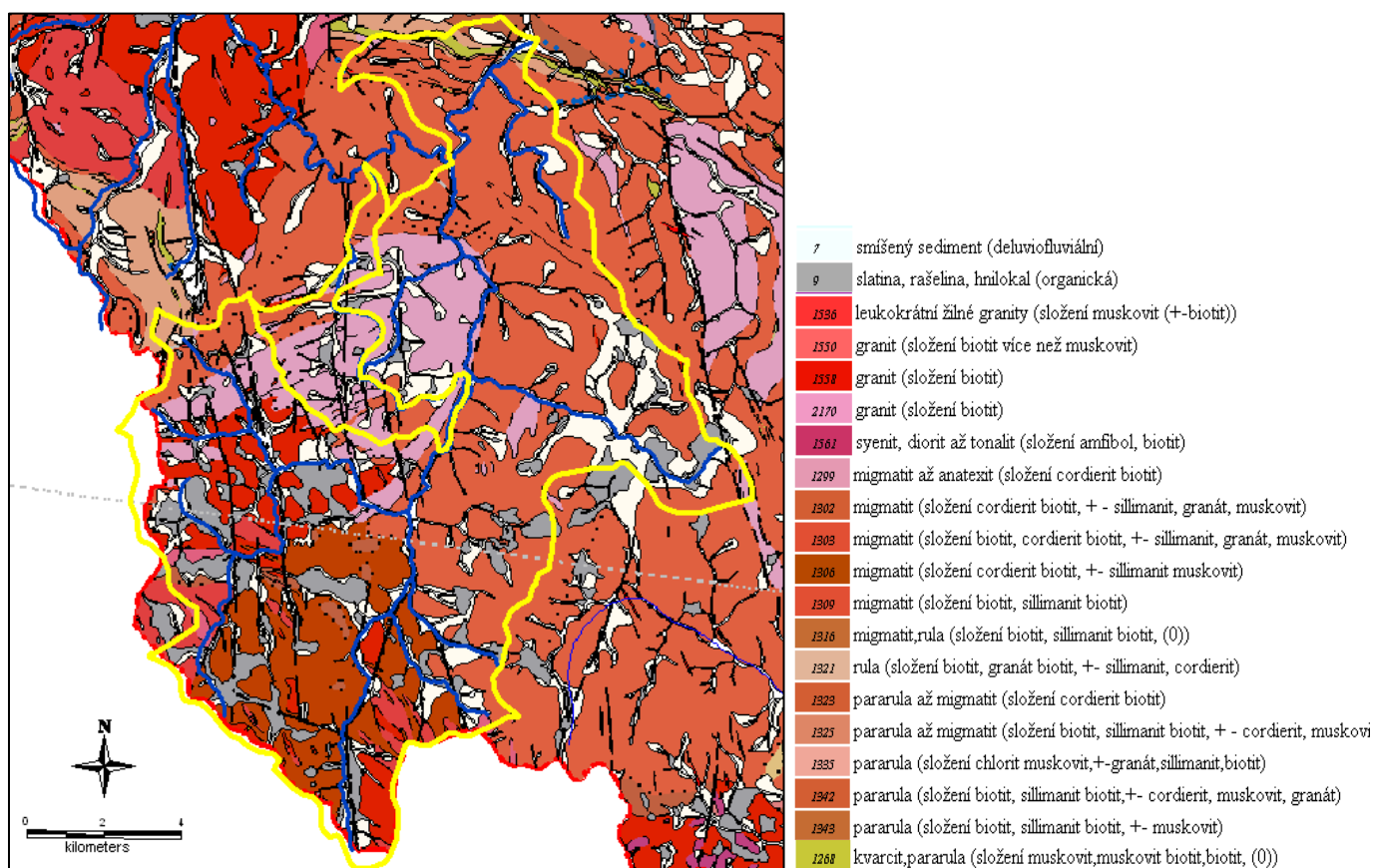


Obr.2: Přehledná mapa zájmového území (zdroj: datové vrstvy VÚV, upraveno)

2.2. Geologická stavba

Šumava geologicky náleží k moldanubické části krystalinika Českého masivu. Šumavské moldanubikum se skládá z metamorfických hornů o silném stupni metamorfózy (prostoploutvých hlubinných vyvřelín (granitoidů)). Ty již nebyly metamorfovány, neboť vznikly v závěru variské orogeneze. Většina metamorfických hornů je usazována střídně až spodně proterozoické stří (Petránek, 1993).

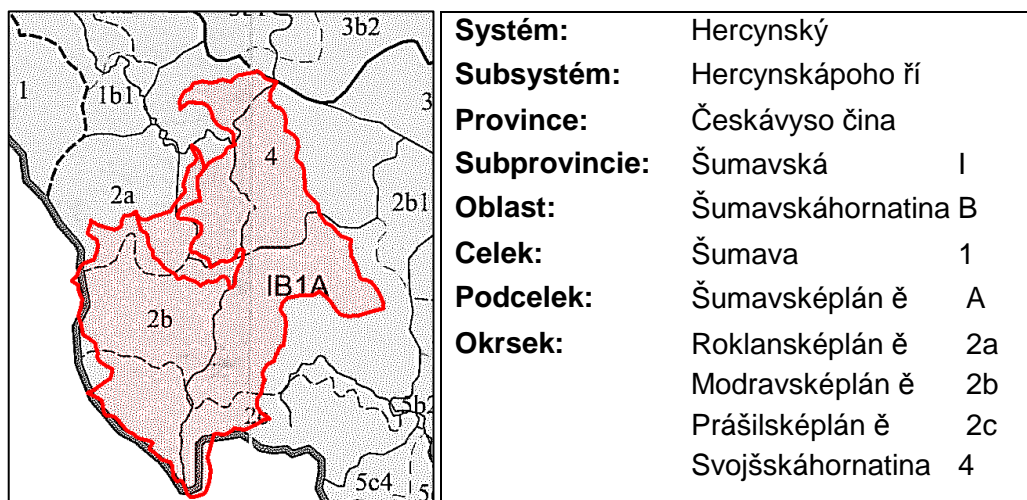
Horninové podloží zájmové oblasti tvoří zpravidla část jednotvárné série moldanubika (svorové ruly, pararuly až migmatity) v kombinaci se žulami. Místy, zejména podél vodních toků, se objevují kvartérní deluvialní a fluvialní uloženiny (hlíny, spraše, písky, štěrky). Zájmová oblast je známá rozsáhlým výskytem rašelín holocenního stří. Situaci geologické stavby názorně dokresluje geologická mapa 1:50 000 na obr. 3.



Obr.3: Mapa geologické stavby studovaného území (hranice území je vyznačena žlutě)
(zdroj: Portál České geologické služby, upraveno)

2.3. Geomorfologické poměry

Současné geomorfologické členění vycházející z Balatky, Kalvody (2006) je znázorněno na následujícím schématis popise (viz obr. 4). Studované území se nachází v oblasti podcelku Šumavské pláně, který se dále člení na Roklanské, Modravské, Prášílské pláně a Svojšskou hornatinu.



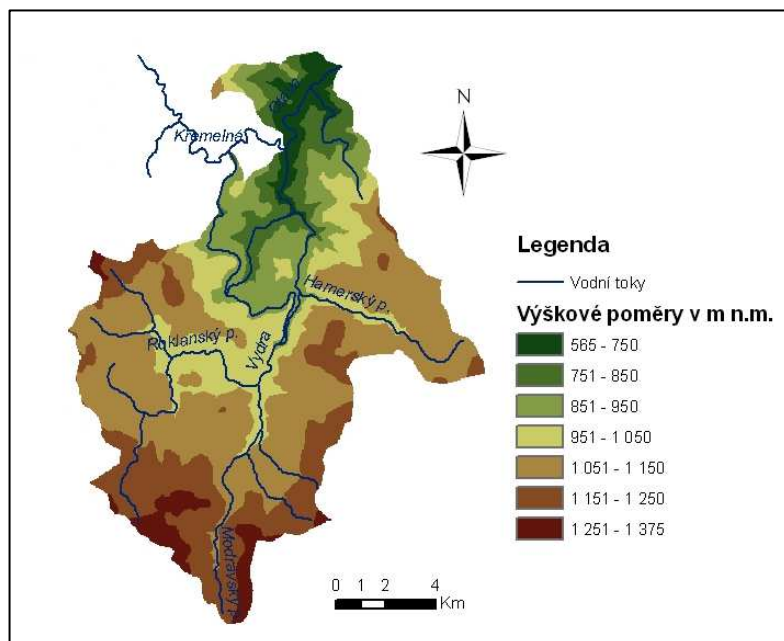
Obr. 4: Geomorfologické členění studovaného území (hranice území vyznačena červeně)

(zdroj: Balatka, Kalvoda, 2006, upraveno)

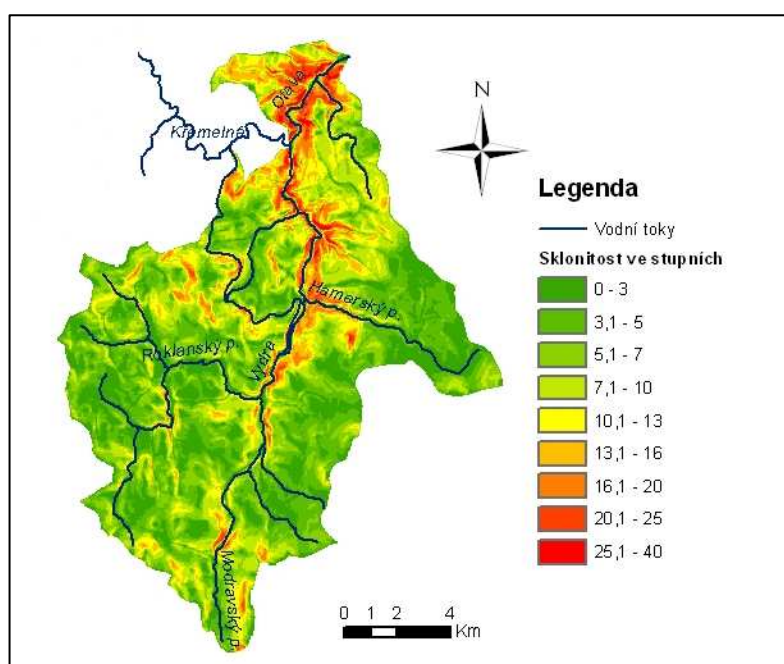
Šumavské pláně jsou pozůstatkem třetihorního tektonicky zdviženého zarovnaného pohorí. Reliéf tvoří ploché horské hřebety přecházející pozvolnými svahy v mělké deprese nebo široké údolí toků, často vyplněné rašeliníšti. Nad plochý nebo jen mírně vlnitý povrch Šumavských plání vystupují klenuté kupy nejvyšších vrcholů svými výškami přes 1200 m n.m. (Chábera a kol., 1984).

Charakter reliéfu zájmového území je dobře patrný i z následujících obrázků. První z nich (obr. 5) znázorňuje výškové poměry území. Nadmořské výšky se pohybují v rozmezí od 565 m (závěrový profil Rejštejnu) do 1375 m (Luzný), přičemž největší procento plochy území leží v intervalu 1050–1150 m n.m..

Z mapy sklonitosti území (obr. 6) jasně vyplývá, že se jedná o relativně ploché území, na jehož převážné části nepřekračuje sklon 10°. Maximálně objevují se omezené úseky při dolním toku Vydry a horní Otavy. Přůmerný sklon povodí podle výpočítaných hydrografických charakteristik je 5,9% (více o sklonitostních poměrech v kap. 2.6.).



Obr.5: Výškové poměry vřystudovanémúzemí
(zdroj: datový set DMÚ-25, datové vrstvy VÚV, upraveno)

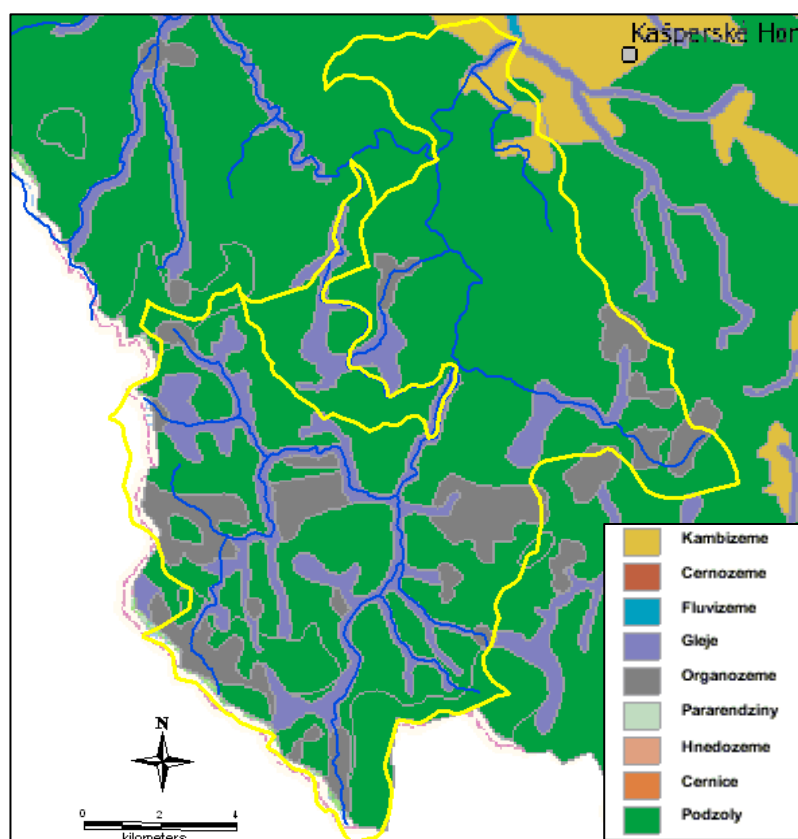


Obr.6: Sklonitostní poměry vřystudovanémúzemí
(zdroj: datový set DMÚ-25, datové vrstvy VÚV, upraveno)

2.4.P ůdnípom ěry

Zájmová oblast má horský ráz sp řevahou kyselých substrát ů. Zp ůdních typ ů převažují podzoly. Hlavním p ůdotvorným pochodem u tohoto typu p ůd je intenzivní vyplavování–podzolizace. Zrnitostní složení podzo lů je p řevážně leh čí, velmi častý je skelet. Obsah surového humusu je vysoký, reakce obvykle sil ě kyselá, sorp ční vlastnosti velmi špatné (Tomášek, 2003).

V centrální části Šumavy, kde je relativ ě zarovnaný povrch, došlo k mohutnému rozvoji semi hydromorfních a hydromorfních p ůd (glej ů a organozemí). Tyto p ůdy se tvo ří intenzivní akumulací slab ě rozložených rostlinných zbytk ů v siln ě zvodn ělém prost ředí. P ůdní profily se skládá z jednotlivých rašelinných poloh, které p ři povrchu, je lira šeliní št ě živé, stále p řirůstají, sm ěrem do hloubky pak podléhají postupné ulmifikaci (rašelinění) (Tomášek, 2003). Typickým znakem rašeliníšt ě je prosycení vodou. Obsah humusu je vysoký (64–76%), reakce siln ě kyselá a nalézá se tu nedostatek lehce p řístupných minerálních živin (Chábera a kol., 1984). Geografické rozložení jednotlivých p ůdních typ ů ve studovaném území znázor ňuje následující mapa na obr. 7.

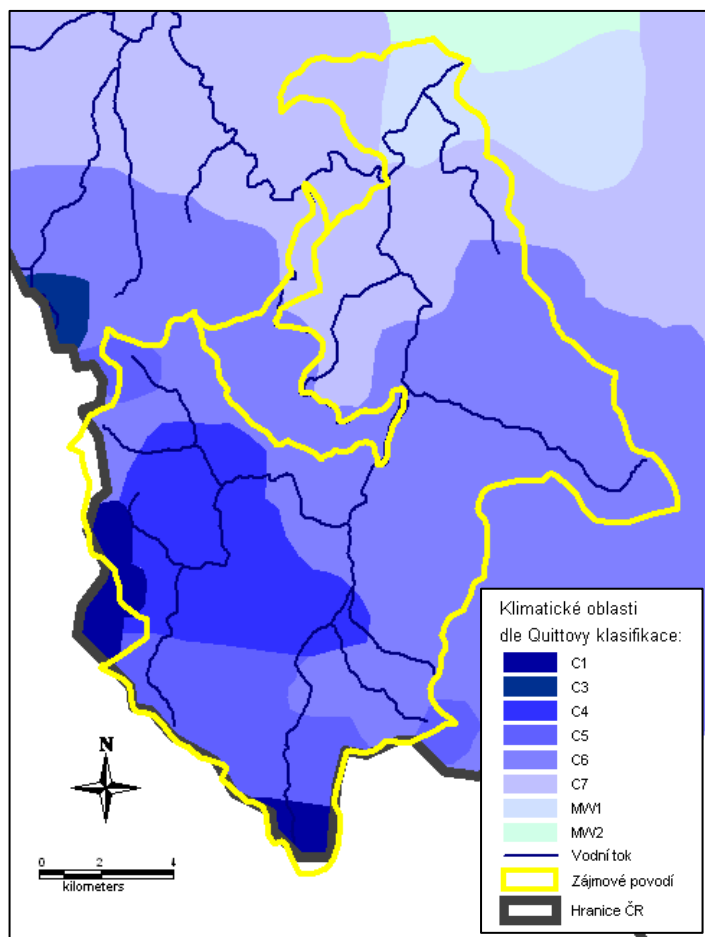


Obr.7: Mapa p ůdních typ ů ve studovaném území (hranice území vyzna čena žlut ě)
(zdroj: Portál ve řejné správy České republiky, upraveno)

2.5. Klimatické podmínky

Vzhledem k tomu, že zpracování komplexní klimatické charakteristiky území by bylo nad rámec této práce, je uváděna pouze stručná charakteristika zpracovaná na základě dostupných publikací. Podrobnější charakteristika klimatu pro území Vchynicko-tetovského kanálu, která se dává všem vztáhnoutinastudované území, byla uvedena v práci Ševčíkové (2006).

Členění studovaného území do klimatických oblastí vychází z Quittovy klasifikace uvedeného v Atlasu podnebí Česka (Tolasz et al., 2007). Na území zasahuje šest klimatických oblastí (viz obr. 8), jejichž charakteristiky jsou přehledně popsány v tab. 1.



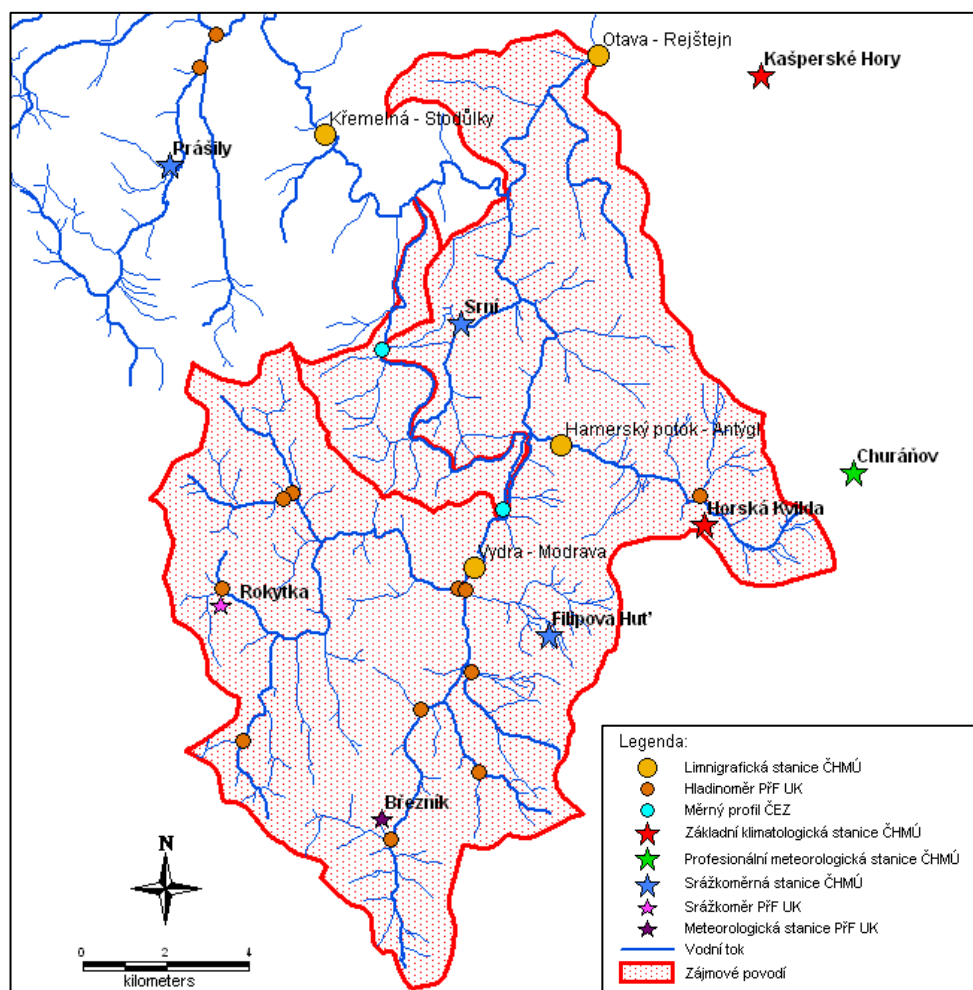
Obr. 8: Klimatické oblasti dle Quittovy klasifikace klimatu
(zdroj: Tolasz et al., 2007, upraveno)

Tab.1: Charakteristiky klimatických oblastí dle Quitta (zdroj: Tolaszetal., 2007)

| Parametr | C1 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | MW1 | MW2 |
|--|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Počet letních dní | 0-10 | 0-20 | 0-20 | 10-30 | 10-30 | 10-30 | 20-30 | 20-30 |
| Počet dní s průměrnou teplotou 10°C a více | 0-80 | 80-120 | 80-120 | 100-120 | 120-140 | 120-140 | 120-140 | 140-160 |
| Počet dní s mrazem | 160-180 | 160-180 | 160-180 | 140-160 | 140 | -160 | 140-160 | 160-180 |
| Počet ledových dní | 60-80 | 60-70 | 60-70 | 60-70 | 60-70 | 50-60 | 40-50 | 40-50 |
| Průměrná lednová teplota | -7--8 | -7--8 | -7--6 | -5--6 | -4--5 | -3--4 | -5--6 | -3--4 |
| Průměrná červencová teplota | 10-12 | 12-14 | 12-14 | 14-15 | 14-15 | 15-16 | 15 | -16 |
| Průměrná dubnová teplota | 0-2 | 0-2 | 2-4 | 2-4 | 2-4 | 4 | -6 | 5-6 |
| Průměrná říjnová teplota | 2-4 | 2-4 | 4-5 | 5-6 | 5-6 | 6-7 | 6-7 | 6-7 |
| Průměrný počet dní se srážkami 1 mm a více | 140-160 | 120-140 | 120-140 | 120-140 | 140-160 | 120-130 | 120 | -130 |
| Suma srážek ve vegetačním období | 900-1000 | 600-700 | 600-700 | 500-600 | 600-700 | 500-600 | 500-600 | 450 |
| Suma srážek v zimním období | 600-700 | 400-500 | 400-500 | 350-400 | 400-500 | 350-400 | 300 | -350 |
| Počet dní se sněhovou pokrývkou | 160-200 | 140-160 | 140-160 | 120-140 | 120-140 | 100-120 | 100 | -120 |
| Počet zatážených dní | 130-150 | 140-150 | 130-150 | 140-150 | 1 | 50-160 | 150-160 | 120-150 |
| Počet jasných dní | 30-40 | 30-40 | 30-40 | 30-40 | 40-50 | 40-50 | 40-50 | 40-50 |

(pozn. autora: klimatická oblast C2 se v ČR nevyskytuje, proto není uvedena)

Následující podkapitoly se zabývají teplotními a srážkovými podmínkami ve studovaném území. Pro lepší představu o rozmístění jednotlivých meteorologických stanic v návaznosti na řídící profil újevu je uvedena přehledná mapa (viz obr. 9). V území se meteorologických, klimatologických stanic a limnigrafických profilů ČHMÚ nachází srážkoměrná a hladinoměrná zařízení nainstalovaná Přírodovědeckou fakultou Univerzity Karlovy (více v kap. 2.6.a3.).



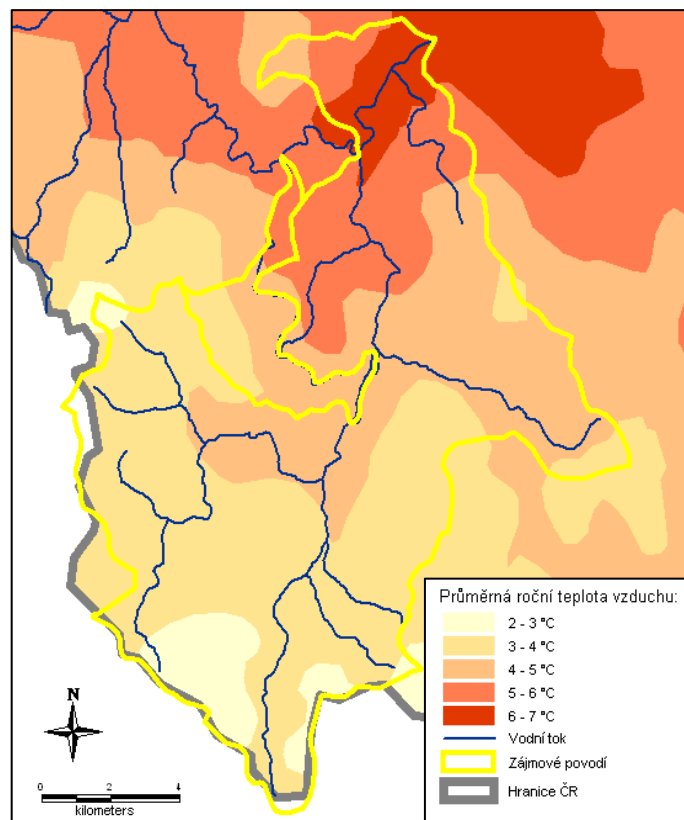
Obr.9: Rozmístění klimatických a meteorologických stanic a vodních profilů ve studovaném území
(zdroj: datové vrstvy VÚV, portál ČHMÚ, vlastní znalosti, upraveno)

2.5.1. Teplotní charakteristika

Podle Atlasu podnebí ČR (Tolasz et al., 2007) patří zájmové území do oblasti s průměrnou roční teplotou vzduchu $5-6^{\circ}\text{C}$ v nadmořských výškách okolo 750 m, do 3°C pak ve výškách kolem 1300 m n. m. Nejchladnější lokality jsou malé terénní sníženiny Šumavských plání, například údolí Kvildského potoka pod Jezerní slatí, kde roční průměrná teplota činí pouhé 2°C (Kubíček, 2006). Průměrná lednová teplota se pohybuje od -3°C v nižších polohách do -5°C v nejvyšších polohách. Průměrná červencová teplota pak od 12°C v vyšších do 15°C v nižších polohách (Tolasz et al., 2007).

Červencové vyvrcholení maximy průměrných denních teplot je oproti nižším polohám Šumavy na stanici Churáňov posunuto až do první srpnové dekády (Kubíček, 2006).

Rozložení roční průměrné teploty vzduchu ve studovaném území znázorňuje mapa na obr. 10.

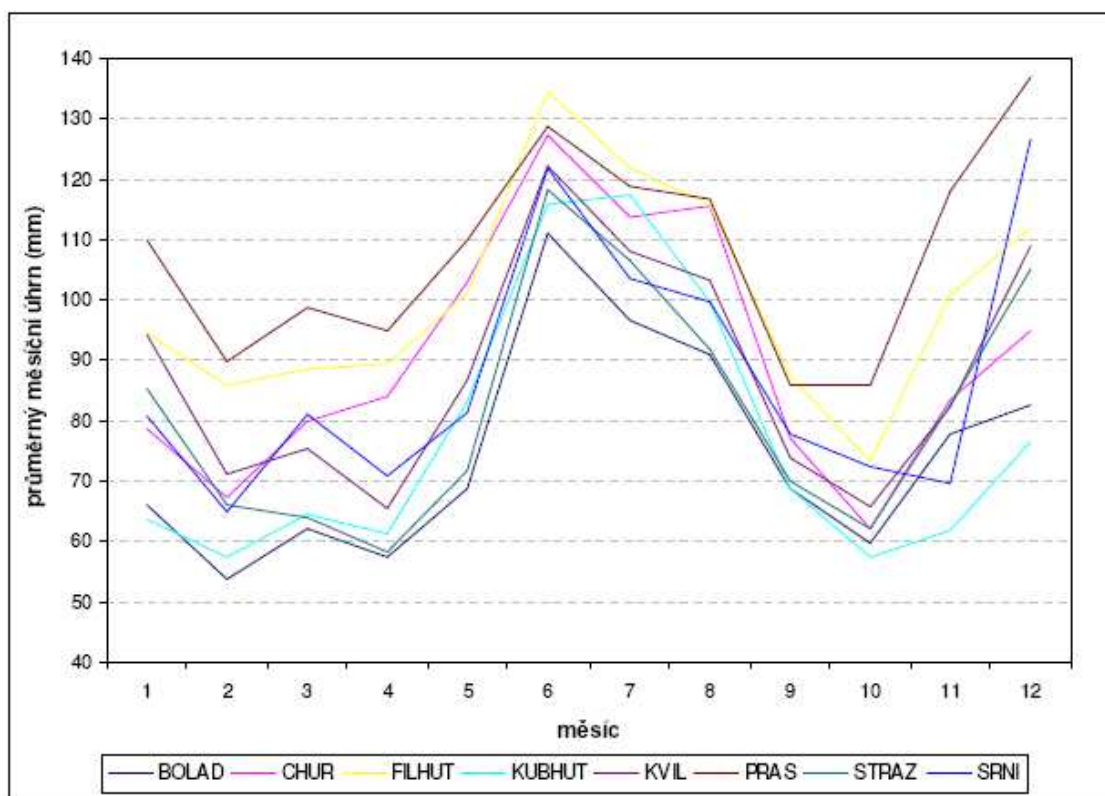


Obr.10: Rozložení průměrné roční teploty vzduchu v studovaném území
(zdroj: Tolasz et al., 2007, upraveno)

2.5.2. Srážková charakteristika

Podle Atlasu podnebí (Tolasz et al., 2007) spadá zájemové území do oblasti se nejvyšší roční úhrnem srážek, tedy 1000–1200 mm. Srážky na ústají snadmo řskou výškou. V národním pásmu Šumavy jsou srážky během roku rozloženy celkem rovnoměrně, hlavní maxima připadají na červen a červenec, podružně na prosinec (Kubíček, 2006). Prosincové maximum je způsobeno prouděním relativně teplého mořského vzduchu od jihozápadu až západu při cyklonálních situacích, kterým ulehčují řet Šumavy táhnoucí se od JV k SZ překážkou. Červencové srážky jsou nerovnoměrné, vypadávají především převážně při bouřkových situacích. Červnové srážky padají v důsledku advekce vlhkého a studeného vzduchu od Atlantiku. Minimum srážek se objevuje v říjnu, případně únoru a dubnu (Lejsková, 2000).

Průměrný chod měsíčních úhrnů srážek prezentuje následující graf na obr. 11 dle Kubíčka (2006), který se ve své diplomové práci zabýval komplexním pohledem na režim srážek centrální Šumavy v letech 1998–2005.

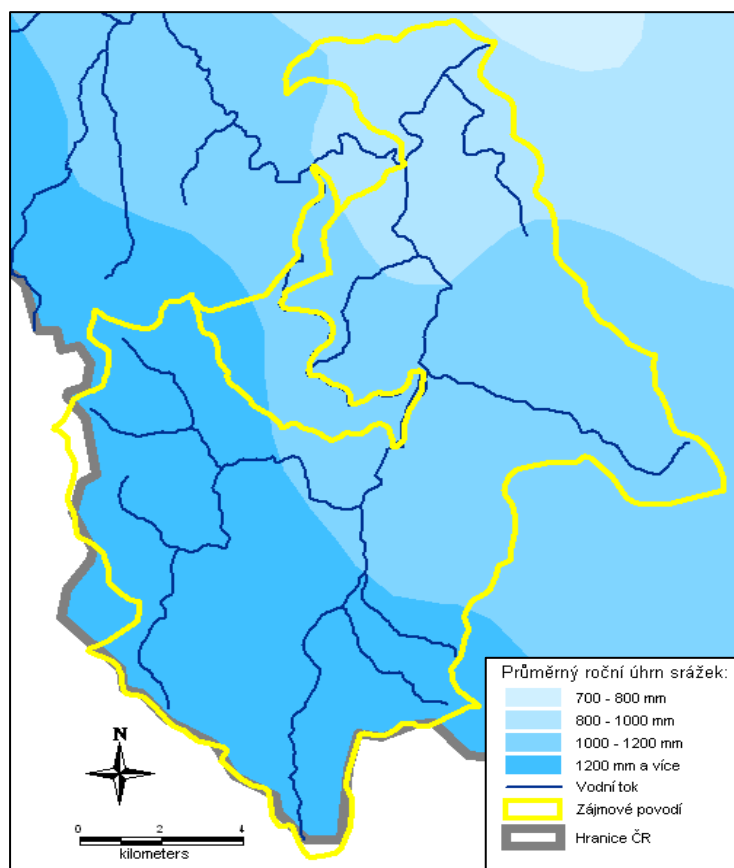


Obr.11: Roční chod srážek navybraných stanicích za období 1961-1990

Vysvětlivky: BOLAD – Borová Lada, CHUR – Churáňov, FILHUT – Filipova Huť, KUBHUT – Kubova Huť, KVIL – Kvilda, PRAS – Prášily, STRAZ – Strážný, SRNÍ – Srní

(zdroj: Kubíček, 2006)

Jedinou profesionální meteorologickou stanicí v blízkém okolí povodí je Churáňov, tato stanice však zdaleka plně ne-reprezentuje rozložení charakteru srážek v této oblasti. Pro lepší představu geografického chodu srážek doplněno mapou rozložení průměrného ročního úhrnu srážek v území (viz obr. 12).



Obr.12: Mapa rozložení průměrného ročního úhrnu srážek ve studovaném území
(zdroj: Tolaszetal., 2007, upraveno)

S mapou rozložení průměrného ročního úhrnu srážek (obr. 12) korespondují i klimatická data vyjadřující průměrný úhrn srážek na povodí (tab. 2). Průměrný úhrn srážek připadající na plochu vybraných povodí byl stanoven v prostředí GIS pomocí metody kriging bez uvažování vlivu reliéfu (velikost gridu 1 km). Uvedené hodnoty jsou dlouhodobým průměrem z řady průměrných denních srážkových úhrnů na plochu povodí poskytnutých ČHMÚ za období 1961-2007.

Tab.2: Průměrný roční úhrn srážek na ploše povodí pro vybrané profily
(zdroj: klimatická data ČHMÚ)

| <i>Povodí po profil</i> | <i>Rozloha [km²]</i> | <i>Průměrný úhrn srážek na povodí [mm]</i> |
|--------------------------------|--|---|
| Vydra-Modrava | 90,41 | 1232,4 |
| Otava-Rejštejn | 334,6 | 1177,3 |
| Hamerský potok-Antýgl | 20,14 | 1127,7 |
| Křemelná-Stod úlky | 171,57 | 1193,0 |

2.5.3. Sněhové poměry

Podle Atlasu podnebí (Tolasz et al., 2007) leží zájmové povodí v oblasti s nejvčetnějším průměrným sezónním počtem dnů se sněžením v ČR, tedy více než 100 dní v roce. V sezóně leží v oblasti sníh průměrně 120-140 dní v roce, v nejvyšších polohách až 160 a více. V nižších naopak méně než 120 dní v roce. Maximum výšky sněhové pokrývky kolísá v závislosti na nadmořské výšce od 50 cm do více než 150 cm.

2.6. Hydrografické a hydrologické poměry

Zájmové území je z hlediska hydrografického poněkud komplikované, neboť síť vodních toků není jedno ucelené povodí uzavřené jedním závěrovým profilem, ale je úzce propojeno svedlejším povodím Křemelné. Stímto v něm se musí postupovat i s hodnocením hydrografických a hydrologických charakteristik, které následují v dalších kapitolách.

Stěžejní část zájmového území zaujímá celé povodí Vydry. Vydrá je tokem IV. řádu, stejně jako Křemelná. Soutokem těchto dvou řek vzniká Otava, levostranný přítok Vltavy. Vydrá pramení na severozápadním svahu Luzného v nadmořské výšce 1192,0 m. Rozloha povodí v četně specifického povodí Vchynicko-tetovského kanálu a horního úseku Otavy po závěrovém profilu Rejštejnu činí 184,07 km². Délka toku Vydry byla stanovena podle mapových vrstev VÚV na 21,9 km. Vzhledem k tomu, že je ve sledovaném území k povodí Vydry připojena ještě část povodí horního úseku Otavy, je třeba počítat celkovou délku toku až po závěrový profil Rejštejnu. Takto stanovený úsek má délku 26,9 km. Hydrologické číslo povodí horní Otavy po Volyňku, do kterého zájmové území spadá, je 1-08-01.

Od pramenů nese Vydrá název Luzenský potok. V nadmořské výšce 1140 m přibírá z levé strany první větší přítok, kterým je Břežnický potok (2,7 km), pramenící v Blatenské slati. Od tohoto soutoku nese název Modravský potok. V nadmořské výšce 1055 m přibírá zleva Cikánské slati Cikánský potok (1,7 km), později v nadm. výšce 1040 m přibírá zprava Ptačí potok (4,3 km) stékající ze severních svahů Malé Mokřůvky (1330 m n. m.) a Černé Hory (1315,4 m n. m.). Dalším pravostranným přítokem je Černohorský potok (3,8 km) pramenící v Černohorském močálu mezi Čertovým vrchem (1244 m n. m.) a Černou horou (1315 m n. m.). V Modravě, těsně před soutokem s Roklanským potokem, se do Modravského potoka vlévá Filipohuťský potok (4,4 km) pramenící v Tetěvské slati pod vrcholem Tetěv (1260 m n. m.). Odsoutok s Roklanským potokem (13,5 km) v nadm. výšce 980 m nese jméno Vydrá až po soutok s Křemelnou u Čeňkovy Pily. Roklanský potok pramení na severozápadním svahu Blatného vrchu (1367 m n. m.) v nadm. výšce 1264 m. Protéká Modravským slatěmi, kde zleva přibírá Rokytku (3,0 km) sbírající vody Rokyteckých slatí, zprava pak Novohuťský potok (3,7 km; Novohuťské močály) a Studený potok (3,1 km). V nadm. výšce 1020 m přibírá zleva Javoří potok (4,3 km) protékající Javoří slatí s levostranným přítokem Tmavým potokem (3,3 km) odvádějícím vodu ze svahů Poledníku (1315 m n. m.) a Jezerního hrbetu (1266 m n. m.).

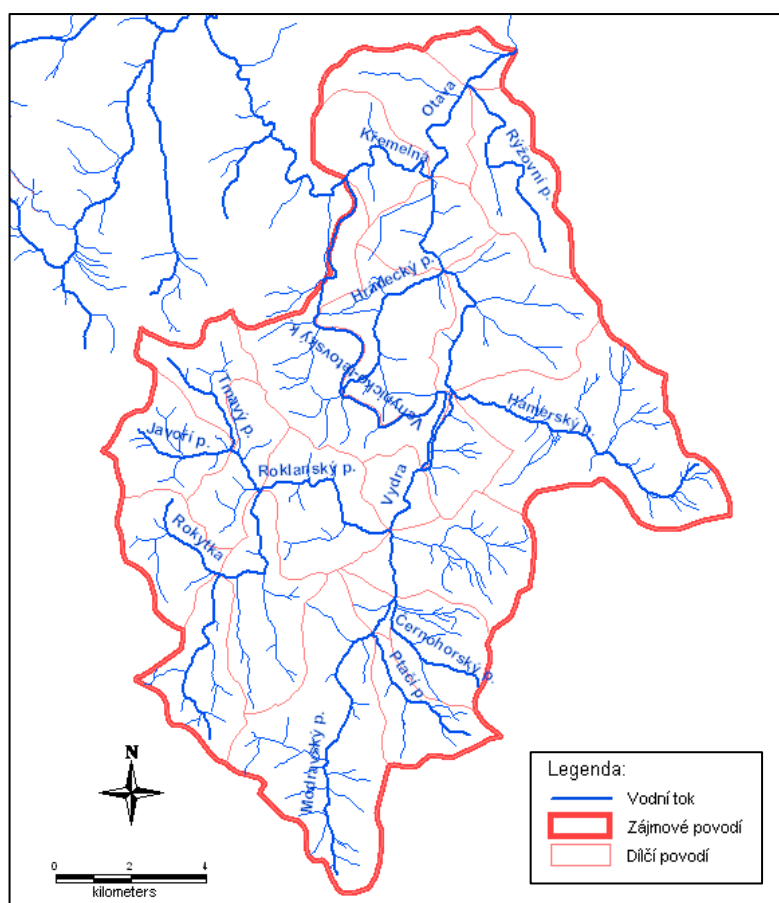
Pod Modravou nedaleko bývalé obce Vchynice-Tetov v nadm. výšce 940 m odbočuje z Vydry umělý plavební kanál Vchynicko-tetovský. Díky tomu tu mělo zásah vodního režimu Vydry vzniká zajímavý hydrologický systém, který byl již popsán v bakalářské práci Ševčíkové (2006). Kanál část vody odvádí a posléze vrací přes vodní elektrárnu Vydrá zpět do toku Vydry, část odvádí skluzem do Křemelné. Například povodí Vchynicko-tetovského kanálu protéká Hrádecký potok, jehož hydrologický režim není existencí kanálu významně narušen, avšak se zleva do Vydry.

Pod odbočením Vchynicko-tetovského kanálu u obce Antýgl přibírá Vydrá zprava Hamerský potok (8,5 km) pramenící na severozápadních svazích Přílby (1217 m n. m.). Od tohoto úseku až po soutok s Křemelnou, kromě již zmíněného Hrádeckého potoka, vtéká do Vydry jen několik drobných přítoků (Popelný potok, Žhůrský potok a další). Tento úsek toku je z hlediska nedostatku vody nejvíce ohroženým (viz také kap. 4.4.4.6.).

Soutokem Vydry a Křemelné v nadm. výšce 630 m vzniká Otava. Křemelná pramení v Železnorudské hornatině, na severním svahu hory Pancíř (1214 m n. m.) v nadmořské výšce 1090 m. Jejími hydrografickými a hydrologickými charakteristikami se zabýval např. Hladík (2006).

Otava na krátkém úseku svého horního toku po Rejštejně přibírá pouze dva větší přítoky z levé strany: Pěkný potok (2,9 km) a zpravený Rýžovnický potok (6,4 km).

Zájmové povodí uzavírá státní profil Rejštejnu v nadm. výšce 565 m. Pro zájmové území byly spočítány základní hydrografické charakteristiky, jejichž pohled je uveden v tab. 3a4., doplněné o kartogram hustoty říční síťě na obr. 14.



Obr.13: Situace v zájmovém povodí (zdroj: datové vrstvy VÚV, upraveno)

Tab.3: Základníhydrografickéúdajeprosledovanéúzemí
(zdroj:GISvrstvyVÚV)

| | |
|--|----------------------|
| plochapovodípozáv ěrovýprofilRejštej | 184,1km ² |
| délkatokuVydry | 21,9km |
| délkatokuOtavypozáv ěrovýprofilRejštej | 26,9km |
| sumadélek všech tok ů | 257,9km |
| délkarozvodnice | 75,1km |
| délkapovodí | 22,8km |

Tab.4: Vybranéhydrografickécharakteristikyprosledovan éúzemí
(zdroj:datovévrstvyVÚV,datovýsetDMÚ-25,výpo čtyautora)

| Vybranéhydrografickécharakteristikyzájmovéhópov odí | |
|--|---------------|
| Gravelliůvkoeficient(míraprotáhlostipovodí)-K _G | 1,56 |
| Charakteristikapovodí(koeficientprotaženostipov odí)-α | 0,354 |
| Koeficientsoum ěrnostiplochypovodí-K _S | 0,142 |
| Koeficientvývojetoku(mírak řivolakosti)-k _C | 0,833 |
| Středníší řkapovodí-š | 6,84km |
| Spádtoku-ΔH | 622m |
| Střednísklontoku-l | 23,12‰ |
| Střednísklonpovodí-l _P | 59,19‰ |

Gravelliův koeficient stanovuje míru protáhlosti povodí pom ěrem délky rozvodnice kobvodu kruhu oploše ekvivalentní ploše povodí. P okud se koeficient blíží k hodnot ě 1, je délka rozvodnice sledovaného území totožná s rozvod nicí (obvodem) kruhového povodí o stejné rozloze. Vp řípádě zájmového území je rozvodnice víceně 1,5krát delší než by byla u kruhového povodí o stejné rozloze, p řestovšak lze povodí považovat spíše za kruhové.

Charakteristika povodí je další číselnou mírou ur čující tvar povodí. Stanovuje se poměrem plochy povodí ke čtverci jeho délky. P ři hodnocení výpo čtené hodnoty se p řihlíží k rozloze povodí. Dle Netopila (1984) lze podle výpo očené hodnoty tvar povodí ur čit jako vějířovitý.

Koeficientsoum ěrnostiplochypovodí se stanovuje rozdílem ploch povodí pravých a levých p řítoků hlavního toku lomený jejich sou čtem. M ůženabývathodnotod 0 do 1, p řičemž hodnota 0 znamená dokonalé symetrické povodí, hodnota 1 absolutně jednostranné povodí. Z výpo čtené hodnoty 0,142 pro zájmové povodí vyplývá, že se jedná spíše o souměrné povodí, s lehkou p řevahou levostranných řítoků.

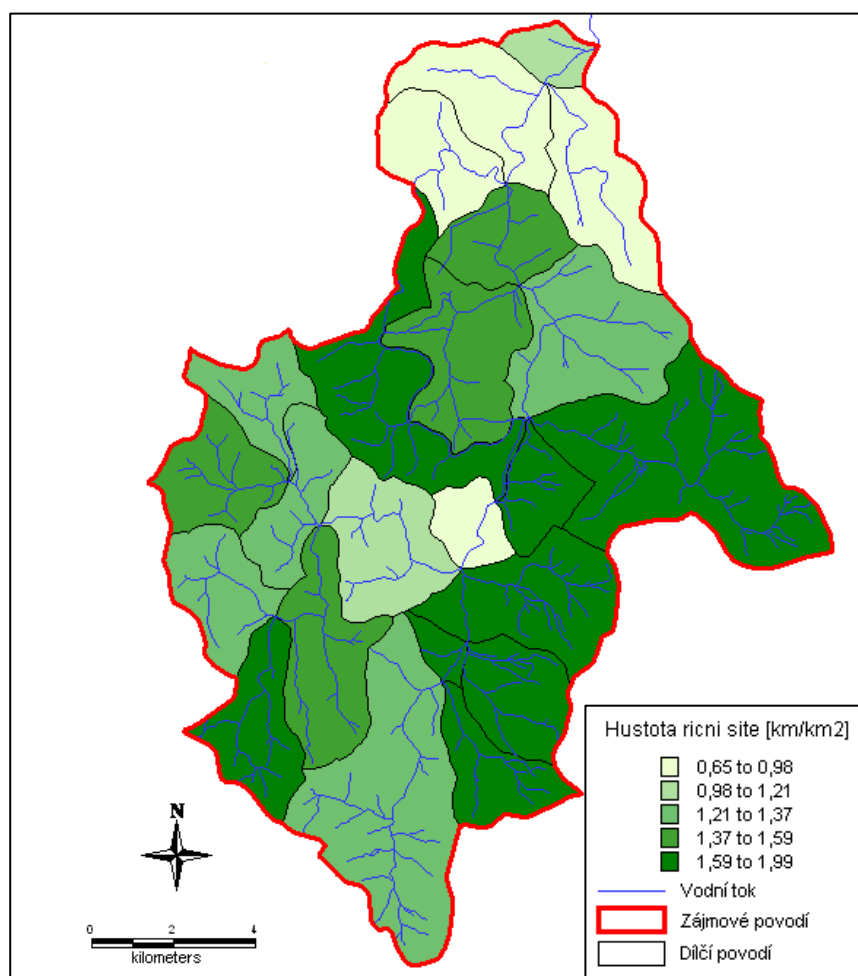
Koeficient vývoje toku je ur čen pom ěrem vzdálenosti nejkratší možné spojnice pramene a ústí toku ku skute čné délce toku. Čím více se výsledná hodnota blíží k 1, tím přímější má tok p ř ůběh. Výpo čtená hodnota 0,833 tedy poukazuje na spíše p římější p ř ůběh toku, který je pro horní úseky tok ů typický.

Střední ší řka povodí udává pom ěr plochy povodí k délce jeho toku. Udává konkrétní hodnotu v km.

Spád toku je výškový rozdíl dvou libovolných míst na toku, v tomto případě pramene Vydry až v řevňovém profilu Rejštejnu. Jedná se o konkrétní hodnotu v metrech.

Střední sklon toku udává poměr spádu toku k délce toku. Poloha povodí v oblasti Šumavských plání, mající charakter náhorní plošiny, má vliv na poměr středního sklonu toku, o čemž svědčí i výpočtená hodnota středního sklonu toku 23,12‰.

Střední sklon povodí představuje poměr rozdílu nejvyšší a nejnižší kóty povodí ku odmocnině plochy celého povodí. Střední sklon povodí o hodnotě 5,9‰ koresponduje s výše uvedenou hodnotou středního sklonu toku a potvrzuje, že se jedná o povodí s relativně plochým a tedy typickým pro plošinný reliéf Šumavských plání.

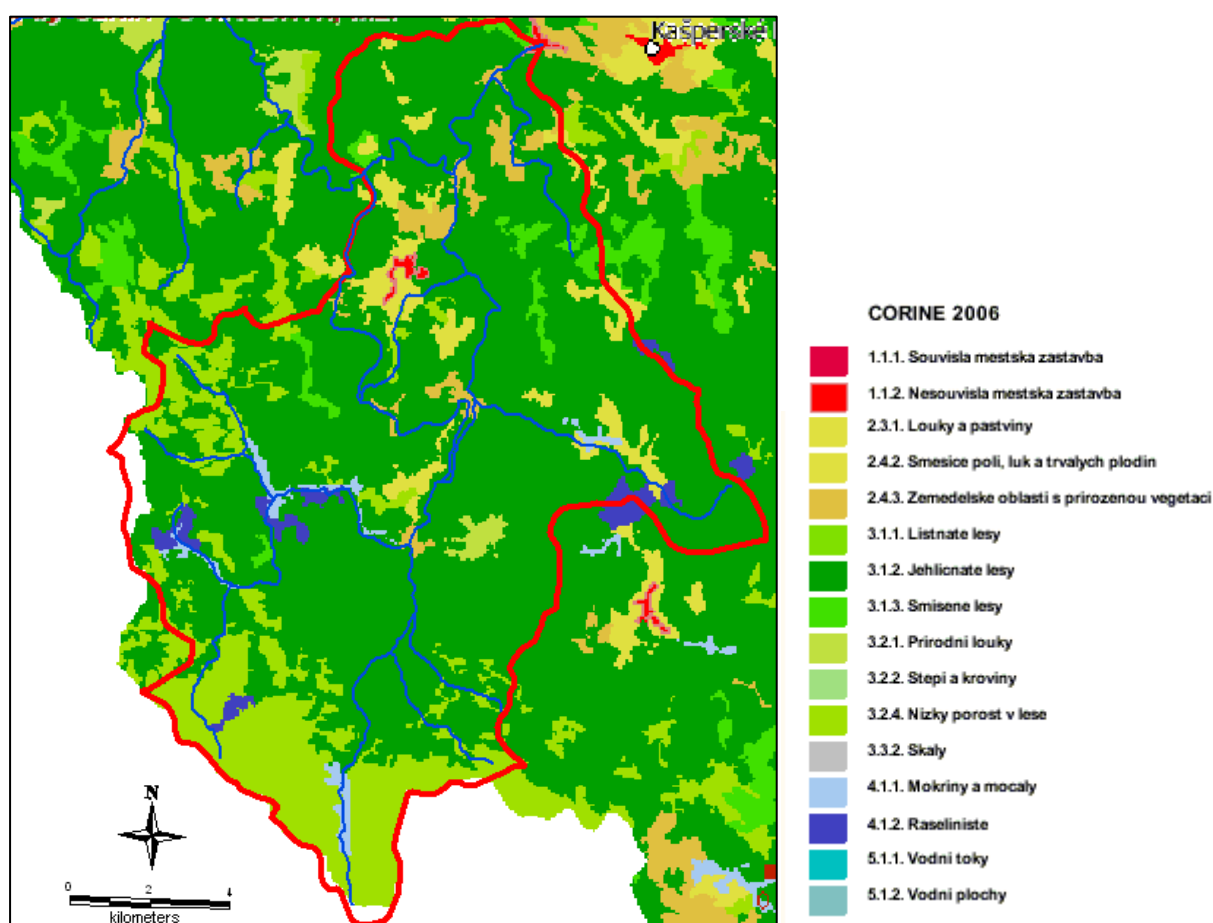


Obr.14: Kartogram hustoty říční sítě (zdroj: datové vrstvy VÚV, upraveno)

Pro sledování hydrologického režimu ve studovaném území se využívá několik limnigrafických profilů ČHMÚ a hladinoměrných zvláštních pozorovacích sítí PŘF UK (viz obr. 9). Detailněji se o použitých datových zdrojích a metodách zmíní kapitola 3. Hydrologickým režimem toků ve vybraných profilech a jejich základními hydrologickými a odtokovými charakteristikami se zabývá kapitola 4.3.

2.7. Land use, land cover

Na obr. 15 je znázorněn krajinný pokryv podle databáze CORINE Land cover 2006. Vzhledem k poloze studované oblasti uvnitř Národního parku Šumava, je charakter oblasti výrazně přírodní s minimem zastavěné nebo zemědělsky obdělávané plochy. Naopak v dřívějších letech převažují lesy, zejména jehličnaté. Zobrazuje sourovněšené odlesněné části charakterizované skupinou 3.2.4.. O lesním hospodářství, jeho skladbě, vývoji a narušení více v kap. 2.8., 4.2. a 4.4.3.



Obr.15: Krajinný pokryv ve studované oblasti
(zdroj: Portál veřejné správy České republiky, upraveno)

2.8. Biogeografie

Zhlediska studia hydrologického režimu je důležité se v této kapitole věnovat zejména vegetačnímu pokryvu, který se přímo účastní srážko-odtokových vztahů. Zoogeografické informace o území nejsou tedy z výše uvedených důvodů uváděny.

O vývoji šumavské krajiny a potažmo i vegetace se zmiňuje kapitola 4.2., o antropickém narušení mokřadů a lesních porostů pak kap. 4.4.2. a 4.4.3. Tato kapitola má tedy za cíl pouze nastínit regionální fyto geografické členění a současný charakter vegetace seznamem řemení a lesních porostů v zájmovém území.

Šumavský bioregion z hlediska biogeografického charakterizoval Culek (1996). Podle něj spadá studované území do šumavského oreofytika (fyto geografický okres 88. Šumava), které se vyznačuje smíšeným smrkovo-bukovo-jedlovým lesem, klimaxovými a podmáčenými smrčínami a jedlinami, oligotrofními jezery, ombrotrofními rašeliništi, horskými loukami a pastvinami. Významnými limitujícími faktory pro rostlinnou vegetaci jsou chudé geologické podloží a relativně chladné klima. V závislosti na klimatických podmínkách tedy i nadmořské výšce se na Šumavě vyvinul řád řízená zonální lesní společenstva.

Plošně nejrozsáhlejší vegetační jednotkou Šumavy jsou květnaté bučiny. Tato lesní formace zasahuje do nadm. výšek 1000–1050 m. Druhové skladby dřevin zde dominuje směs buku s jedlí, které doprovází také smrk. Menší mírou je zastoupen javor klen a jilm drsný. Podlesní patrem se nachází pestrá jarařekvetoucí bylinné patro, v němž dominuje kyčelnice devítilistá a cibulka konosná, samorostlík klasnatý, zkapradin např. bukovinec osladičový. Mezi keřy je nejčastěji šilíkovec jedovatý.

Acidofilní horské bučiny tvoří přechodový pás mezi květnatými bučinami a klimatickými smrčínami nejvyšších hřebců Šumavy. Vystupují až do výšek 1200 m n.m. Dominuje buk se smrkem, jedle a klen již ubývají. Bylinné patro je chudší a tvoří je druhý snášejší kyselější půdu jako je metlička křivolaká, třtina chloupkatá, černá borůvka nebo šťavel kyselý. V řízeném složení se dnes dochovaly pouze ve fragmentech. Na převážné Šumavě v četně studovaném území byla tato společenstva dříve přeměněna na kulturní smrčiny. O změně druhového složení lesů a současných problémech se smrkovým monokulturami viz kap. 4.4.3.

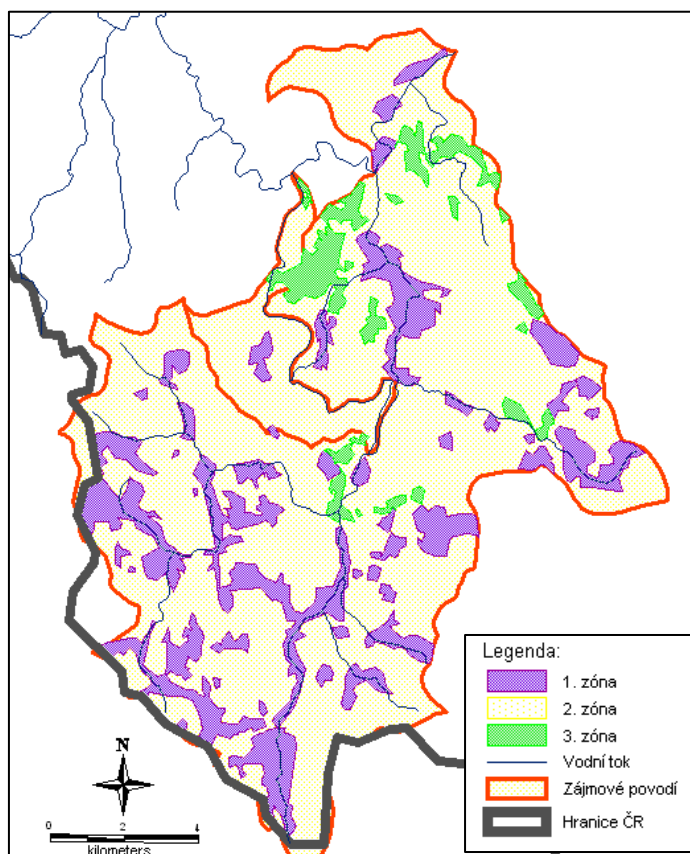
Na nejvyšších horských hřebenech Šumavy nad 1200 m se vyvinul klimaxový smrčín. Drsné podnebí s dlouhotrvající zimou dovoluje přežít jen smrčky, které místy doprovází nenáročný jeřáb ptačí. Bylinné patro je velmi chudé, snášejší kyselou půdu vznikající z jehličnatého opadu. Mezi tyto acidofilní druhy patří především třtina chloupkatá a borůvka černá, doprovázená sedmikvětou evropskou, čípkem objímavým a podbělicí alpskou a kapradinami jako je žebrovice a ůzolistá a papratka alpská.

Kromě výše popsaných zonálních společenstev najdeme v zájmovém území velkou část lesních společenstev, která jsou formována především charakterem půdy. Jedná se především o podmáčené a rašelinné smrčiny, které lemuji údolí řek, potoků a rašelinišť. V jejich podrostu dominují mechorosty, zejména ploník a rašeliník. Bohatě zastoupeny jsou také játrovky (Mánek, 2001). Rašeliniště jsou pak unikátními stanovišti, mezi jejichž typické zástupce patří rašeliník, klikva bahenní, rosnatka okrouhlolistá, suchopýr pochvatý a ostřice mokřadní (Buřková, 2001). Nejvíce rašelinišť (horských vrchovišť) se nachází právě v pramenné oblasti plání (viz kap. 4.4.2.).

2.9.Ochrana přírody a krajiny

Zájmové území celé spadá do oblasti NP Šumava (založen v r. 1991), zároveň je také chráněnou oblastí přirozené akumulace vod (CHOPAV). V studované oblasti se nachází několik 1. zón národního parku, zónaci NP Šumava dokumentuje mapa (viz obr. 16). V prvních zónách se nacházejí přirodně nejceněnější části Šumavy, tj. zbytky dochovaných přirozených a přírodně blízkých ekosystémů.

V roce 1999 bylo celé území včleněno chráněné krajinné oblasti zařazeno mezi biosferické rezervace UNESCO. Šumavská rašeliniště patří mezi mokřady mezinárodního významu chráněné Ramsarskou konvencí.



Obr.16: Zonace podle NP Šumava

(zdroj: Portál veřejné správy České republiky, upraveno)

3. Materiál a metody

Účelem této kapitoly je přehledné shrnutí použitých datových zdrojů, na jejichž základě byly prováděny veškeré výpočty a doplněny grafické části této práce. Protože jsou v práci využívána i data z interní databáze Katedry fyzické geografie a geoekologie, tvoří podkapitolu metodologický popis jejich získávání během vlastního výzkumu probíhajícího ve studované oblasti.

3.1. Datové zdroje

Datové vrstvy vodních toků a povodí ve formátu shapefile byly získány z veřejných vrstev Výzkumného ústavu vodohospodářského (dále jen VÚV) „Digitální báze vodohospodářských dat“ – DIBAVOD, které jsou volně dostupnou nadstavbou pro datový systém ZABAGED. Výškové a sklonitostní poměry byly zpracovány na základě datového setu DMÚ – 25 se základním intervalem vrstevnic 5 m, zpracovaného Vojenským geografickým a hydrometeorologickým úřadem v Dobrušce (VGHMÚř). Pro zpracování batymetrických map potenciálních retenčních nádrží byla využita digitální data zvláštních terénních řešení geodetických stanic (viz kap. 3.2.).

Veškeré prostorové analýzy a mapové výstupy byly zpracovány v programech ArcGIS 9.2. (ESRI) a MapInfo Professional 7.0.

Hydrologické a klimatické datové řady pro zpracování odtokového režimu Vydry a další statistické výstupy poskytl Český hydrometeorologický ústav (dále jen ČHMÚ). Hydrologické datové řady pro profil Rechle a Mechovna Vchynicko-tetovským kanálem, který spravuje Západočeská energetika, a.s. (dále jen ZČE), poskytlo vedení vodní elektrárny Vydra.

Pro zpracování řípadových studií byly použity výstupy z hladinoměru P ř FUK.

3.2. Použité metody

Použitá metodika vychází z rozsáhlejšího výzkumu probíhajícího ve studované oblasti. Již na konci roku 2005 bylo za účelem hydrologického pozorování nainstalováno ve vybraných profilech vzájemné oblasti šest vodoměrů (Roklanský potok, Modravský potok, Filipohuťský potok, Vchynicko-Tetovský kanál – Rechle, Křemelná nad Prášilským potokem, Prášilský potok nad Křemelnou). Místní pozorovatelé v těchto profilech pravidelně v jednodenním kroku odečítali hodnoty vodního stavu (v době jarního tání sněhu i dvakrát denně). Od léta 2006 byly tyto profily postupně nahrazeny automatickými ultrazvukovými tlakovými hladinoměry s datalogery pro kontinuální sledování výkyvů hladiny, kterých je v současné době se ve studované oblasti celkem 11 (dalších 5 hladinoměru se nachází v povodí Křemelné).

Dále sestaly součástí pozorovací sítě 4 limnigrafické stanice ze sítě limnigrafických stanic ČHMÚ (Otava–Rejštejn, Křemelná–Stodůlky, Vydra–Modrava, Hamerský potok–Antýgl) a dva profily spravované Západočeskou energetikou, a.s. Plzeň (dále jen ZČE) - Vchynicko-tetovský kanál–Rechle a Mechov.

Kromě toho byly v horní části povodí Vydry a Křemelné instalovány dva člunkové ombrografy měřící množství srážek v intervalu 10 minut. V lokalitě Březník, na soutoku Březnického a Luzenského potoka, byla instalována meteorologická stanice měřící úhrn srážek, teplotu a vlhkost vzduchu, sluneční radiaci, rychlost a směr větru. Z technických důvodů není ve zmíněných profilech možné měřit úhrn sněhových srážek během zimního období.

Pro kontinuální měření vodní hladiny v desetiminutovém kroku s přesností na 1 mm byla použita měřicí zařízení společnosti Fiedler-Mágr včetně registrační a řídicí jednotky typu M4016, ultrazvukového nebo tlakového senzoru a GSM modulu pro telemetrický přenos dat pomocí GPRS sítě. Datový přenos v jednodenním nebo kratším intervalu závisící na dynamice hydrologické situace umožňuje operativní řešení a zároveň pravidelnou kontrolu funkce celého zařízení. V daných profilech, kde jsou instalovány hladinoměry, se zároveň provádí pravidelná měření průtoků hydrometrickou vrtulí s ručními propelery pro odlišný charakter proudění toku za účelem přesného vykreslení konzumních křivek k řekám (viz obr. 17). Výhoda hladinoměrů spočívá především v tvorbě vlastní unikátní databanky, což pramení v jistotě nezávislosti na datech jiných institucí (Kocum, Janský, 2009).

Během posledních třech zimních období byl ve dvou dílčích povodích sledovaného území (Rokytká, Ptačský potok) prováděn monitoring sněhových poměrů jakožto velice významného prvku srážko-odtokového procesu v



Obr. 18: Totální geodetická stanice Leica TCRP1202 R1000p řivým měřením retenčních nádrží (foto: Kocum)



Obr. 17: Měření průtoků hydrometrickou vrtulí v profilu monitorovaném automatickým hladinoměrem (Ptačský potok) (foto: Kocum)

pramenných oblastech českých toků. Hodnocení sněhových poměrů v povodí Rokytky se zabýval Jelínek (2008) a Jeníček, Kocum, Jelínek (2008).

Vyměřování potenciálních prostorových zadržení říčních úhrnů srážek a retardace odtoku a následné zhodnocení účinnosti možných retenčních nádrží je prováděno automatizovanou totální geodetickou stanicí Leica TCRP1202 R1000 (obr. 18).

4. Antropogenní vlivy na odtokový režim

Následující kapitola je střední částí práce. Její podstatou je komplexně postihnout možné dopady antropogenní činnosti na odtokový režim Vydry. Nejprve se zabývá vlivem člověka na hydrologický režim vodních toků v obecné rovině, později se zaměřuje na studovanou oblast a snaží se vystihnout hlavní směry charakteru antropogenního působení zejména v rámci odtokového režimu Vydry a dalších toků v území. Vyvozené závěry jsou dokumentovány příklady.

4.1. Vliv člověka na hydrologický režim vodních toků

Vzhledem k cílům a podstatě práce předchází samotnému zhodnocení antropogenního vlivu na hydrologický režim Vydry úvod do problematiky vlivu člověka na režim odtoku obecně. Antropogenní vliv na vodní režim toků může být velmi různorodý. Projevuje se zpravidla ve velikosti a časovém rozložení odtoku, množství a kvalitě unášeného pevného materiálu, kvalitě vody i množství a druhovém zastoupení vodních organismů (Netopil, 1984).

V zásadě je možné říci, že člověk začal ve větší míře přímo ovlivňovat toky až ve středověku. Středověké zásahy do koryt řek a potoků vycházely z potřeb využití vodní síly v mlýnech, pilách a hamrech, ze snahy využít vodu k napájení rybních soustav či k báňským účelům, případně souvisely splavením dřeva. Nejběžnější úpravou byla stabilizace koryt a budování jezových stupňů v místech, kde z toku odbočovaly mlýnské náhony (Kopp, Řádek, 2006). Rozsah těchto úprav byl postupem času stále významnější, málokteré údolí naší krajiny jim nebylo ovlivněno a velká část starých mlýnských úprav je dodnes průčinná. Mlýnské jezy tak byly prvními významnými umělými překážkami v migraci vodních živočichů a zároveň už tehdy docházelo k nadměrnému odběru vody z hlavního koryta, které tímto trpělo. Tento problém se pak přenesl do současnosti mnohem většího rozsahu a to zejména v případech, kde byl mlýn přestavěn na malou vodní elektrárnu (viz kapitola 4.4.4.).

Úpravy vodních toků, které pozměnily tvar a délku říční sítě, jsou na území ČR dokumentovány již od 18. století, kdy začalo budování regulací, plavebních kanálů, náhonů i protipovodňových úprav. S rozvojem sídel a nástupem industrializace vyvstala snaha využít energetický a dopravní potenciál vodních toků i chránit majetek před dopady povodní (Langhammer, 2007). Vlna rozsáhlejších technických zásahů do vodních toků, zejména pak soustavné budování protipovodňových opatření, přišla na konci 19. století. Jejich rozvoj uspořádali zejména velké povodně, z nich pak především, jak uvádí Just (2005), „zemská“ povodeň v roce 1890.

Současné regulace v řekách vodních toků postupovaly především z zemědělsky motivované vodohospodářské úpravy dosídlení drobných vodních toků. V roce 1884 vyšel tzv. meliorační zákon, který položil základ pro tyto úpravy. Langhammer (2007) zmiňuje, že

k jejich plošnému rozšíření docházelo až vsouvislosti s pozemkovou reformou u v letech 1919-1935.

Nástup dalších úprav toků po čínající v 50. letech minulého století byl důsledkem rozvoje socialistického hospodářství a kolektivizace zemědělství. Zprůmyslnění zemědělství a snaha o využití i méně vhodných pozemků vyvolalo řadu technických zásahů do sítě drobných vodních toků a vyústilo ve velkoplošné odvodňování a meliorace zemědělských ploch. Vyvrcholením pak byla 70. a 80. léta 20. století. Podle Justa (2005) tehdy docházelo k velkým excesům, mnohdy kvysloveně zbytečnému ničení hodnotné přírody, neboť regulace a meliorace se posouvaly do okrajových polí, přirozeně málo vhodných k intenzivnímu zemědělskému hospodaření. Mezityto polohy patřily i pramenné oblasti toků s častým výskytem zrašeliněných rašeliníštních půd.

Spádem socialistického režimu v 90. letech se začalo více pozornosti obracet k životnímu prostředí a postupně se začaly zavádět vhodnější biotechnické úpravy toků. Zároveň se otevřely možnosti pro revitalizaci již dříve zpravidla nevhodně upravených úseků (Kopp, Řádek, 2006). Na krátkou dobu měla ekologie dokonce téměř stejnou vážnost jako ekonomika. Pomalu se upevňoval názor, že není dobré urychlovat odtok z krajiny, ale naopak se snažit o jeho zadržení a zvýšení retenční schopnosti krajiny. K tomu vsoučasné době také patří realizace, které zvyšují retenci vody v krajině v souladu s potřebami řešení otázek protipovodňové ochrany a problémů sucha.

Na závěr je nutno zmínit, že veškeré zásahy, ať už pozitivní nebo negativní, se v různé míře promítají do ovlivnění odtokového procesu. Zvláštního významu tyto změny nabývají, jak zmiňuje i Langhammer (2007), při extrémních vodních stavech, kdy mohou ovlivnit rychlost postupu povodňové vlny, možnost její efektivní transformace či časování souběhu povodňových vln z různých částí povodí, a tím i nepřímě charakter povodňových škod.

4.2 Impakt člověka v zájmovém území

Aby bylo možné dobře postihnout všechny okolnosti, které formovaly ráz šumavské krajiny a tímteď i vodní toků v území, je vhodné nejprve nastínit stručnou historii lidského osídlení na Šumavě.

Na konci posledního glaciálu byla oblast Šumavy otevřenou a bezlesou krajinou. V dalších obdobích, tak jak se postupně měnil charakter klimatu a přírodní podmínky, umožňovaly stále větší rozvoj lesa, se šumavská krajina postupně zalesňovala. Tento vývoj dospěl až do vrcholné fáze, v níž takřka celé území, jak v horách, tak v přílehlém podhůří, pokrýval les s pestré mozaikou dřevin a bylin, jejichž druhové složení a prostorové rozvrstvení záviselo pouze na přírodních podmínkách. Člověk tehdy ještě šumavskou krajinu neobýval zcela nevýznamným způsobem ovlivňoval pouze nižší, okrajové části území.

V dalším období se vliv člověka, zejména v těchto částech Šumavy, stává stále výraznější. Jeho impakt na zdejší krajinu se soustřeďoval v této první fázi především na změny v druhové skladbě a struktuře porostu, a odtokové poměry proto ovlivňoval pouze nepřímě. Les byl v okrajové části území Šumavy postupně zatlačován méně vhodných pro zemědělské využívání. I tam byl však člověkem výrazně ovlivňován v druhové skladbě

dřevin i struktuře, zatím však jen nepřímo a nezájemně. Nejvyšší části Šumavy zůstávaly stále pokryty nedotčenými pralesy, i když i tato území byla člověkem stále častěji navštěvována a v úzce vymezených prostorech již i hospodářsky využívána (Portál Správy NP a CHKO Šumava).

Kolonizační tlaky vedoucí k postupnému rozpadu šumavských pralesů lze rozdělit do tří základních vln. První vlna kolonizace, která zasáhla nejvíce přehřívání Šumavy, probíhala od 12. století. Po čínala osídlování pohraniční hohvozdusvobodnýmisedláky – tzv. králováky. V té době docházelo k lesnění a zúrodnění části lesních celků. Ve 14. století na ní navázala tzv. kolonizace průmyslová, jejíž hnací silou byla zejména těžba drahých kovů a rozvoj sklářství. Zejména těžba zlata z potůčkových náplavů byla hybnou silou raného sezónního průniku člověka až do nejvyšších poloh centrální části pohorí. Pro jejich snazší zpřístupnění byly odtežovány lesy v jejich bezprostředním okolí. Rozvoj sklářství v 15. až 18. století znamenal ve svém důsledku vážné narušení přirozené druhové skladby i struktury lesa. Skláři těžili především vysoce výškový buk, který dodával potřebný žár jejich hutím (Mánek 2001). Negativní dopady rozvoje sklářství se projeví ve značných nárocích na spotřebu dřeva, třebaže se jednalo hlavně o malé podniky. Předpokládá se, že k výrobě 1 litru tekutého skla byl spotřebován 1 m³ dřeva. V okolí sklárů vznikaly bezlesé plochy, sloužící dále jako pastviny a pole (Andreska, 2003). Další velká vlna kolonizací zasáhla Šumavu v 18. století a byla vázaná především na rozvoj plošné těžby dřeva. Díky narušení kompaktnosti porostů docházelo následně k plošným většným polomům a k úrovcovým kalamitám (viz kap. 4.4.3.).

Snástupem jednotlivých vln se způsob využívání šumavských lesů a tím i charakter jejich poškození měnil. Další kolonizační vlna nestíhala pouze kolonizaci předchozí, jednotlivé kolonizační vlny se překrývaly a jejich vlivy se kumulovaly (Buryová et al., 2001).

Velkým mezníkem ve vývoji šumavské krajiny bylo vybudování plavebních kanálů pro dopravu vytěženého dřeva. V této době začíná člověkovlivnovat odtokové poměry v oblasti přímo. Plavební kanály Schwarzenberský (dokončen r. 1793) a Vchynicko-tetovský (dokončen r. 1801) zpřístupnily zásoby šumavského dřeva a tak ve svém důsledku napomohly k devastaci šumavských lesů díky hrubým těžebním zásahům a velkému množství odtěženého dřeva. Vodní díla byla využívána maximálním způsobem až do roku 1840, kdy se snížila poptávka po dřevě (Ševčíková, 2006). Blíže o Vchynicko-tetovském kanále zmíní kapitola 4.4.4.

Později zasáhla Šumavu doba socialistického scelování pozemků. Jak uvádí Kliment, Matoušková (2007), došlo v této době ke značným změnám krajinné struktury a likvidaci většiny stabilizačních prvků v krajině. Intenzifikace zemědělství byla doprovázena plošně rozsáhlým odvodněním zamokřených ploch a napřimováním drobných vodotečí, což se přimodotklo i zájmového území.

4.3. Analýza odtokového režimu v závislosti na povodí

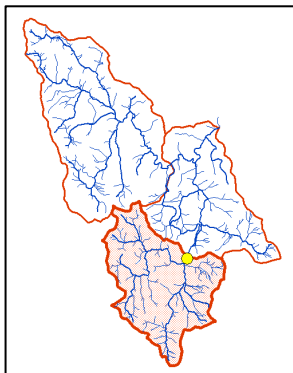
Výzkumem změn srážko-odtokových vztahů v studovaném území se zabývali Kliment, Matoušková (2006, 2007). Ve své studii se na základě metody jednoduchých a podvojných součtových čar pro útokových charakteristik srážkových úhrnů pokusili vysvětlit změny ve vývoji srážko-odtokových vztahů v různých povodích situovaných v pramenné oblasti Vltavy - horním povodí Vydry, Ostružné a Blanice. V vybraná povodí reprezentují oblasti s rozdílnou úrovní antropogenního zásahu do odtokového režimu. Všechna tři povodí hrála důležitou roli při formování odtoku během katastrofických povodní v srpnu 2002. Povodí Vydry bylo zkoumáno jen pro profil Modrava, tj. pouze část území studované oblasti, a bylo vybráno jako povodí reprezentující přírodní zalesněné území s výskytem rašelinářů bez výrazných antropogenních zásahů (svým kóuplochem postižených k úrovcovou kalamitou od 2. pol. 18. let 20. století). Stímto názorem se ztotožňuje i Hais (2004), který se dále zmiňuje ještě o odvodnění lesních pozemků prováděných v průběhu 19. a 20. století. Analýza srážko-odtokových vztahů dle Klimenta, Matouškové (2007) tento předpoklad potvrdila. Ve srovnání s povodím Ostružné a Blanice, nebyly v profilu Vydra – Modrava identifikovány výrazné změny v odtokovém režimu.

Tato práce částečně vychází z výše uvedené studie, ovšem zaměřuje se na podstatně širší území, zahrnující více osídlené a člověkem využívané oblasti, včetně vybudovaného technického vodního díla, a hodnotí antropogenní působení na odtokový režim Vydry z několika pohledů. Z tohoto hlediska lze v oblasti identifikovat zcela jasné zásahy člověka do vodního režimu. Jejich podrobný rozbor je popsán v následujících kapitolách.

Pro statistické zpracování odtokového režimu toků v studované oblasti byla využita data ze tří limnigrafických stanic, které jsou součástí základní sítě vodoměrných stanic ČHMÚ (Otava–Rejštejn, Vydra–Modrava, Hamerský potok–Antýgl) a z dvou profilů na Vchynicko-tetovském kanále spravovaných ZČE (Rechle, Mechov). U obou těchto profilů se však vyskytl problém s dostupností a celistvostí datových řad (viz kap. 4.4.4.6.). Během statistického zpracování byl využit další státní profil, který ovšem neleží v rámci závislosti na území. Jedná se o vodoměrnou stanici Stodůlky na Křemelné. Profil Otava – Rejštejn je závěrovým profilem celé studované území.

Následuje základní charakteristika výše zmíněných profilů a k nim příslušných datových řad, včetně schematického vyznačení jejich polohy. Hydrologické datové řady pro všechny profily poskytl ČHMÚ, pobočka České Budějovice.

Profil Vydra–Modrava



Poskytnutá data tvoří téměř 80-ti letou řadu od 1.11.1930 do 31.10.2008, která ovšem není zcela kompletní. Výpadek v měření proběhl za 2. světové války v období od 1.11.1940 do 31.10.1948. Zpracováním odtokového režimu Vydry v profilu Modrava se též zabýval Jelínek (2006).

Základní údaje o stanici:

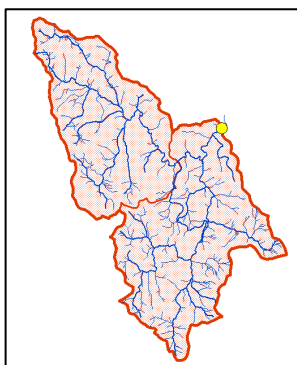
číslo hydrologického pořadí 1-08-01-013

plocha povodí 90,41 km²

nadmořská výška 973,28 m.n.m.

dlouhodobý průměrný útok 3,40 m³.s⁻¹

Profil Otava–Rejštejn



Hydrologická data pro tento profil jsou z období od 1.11.1947 do 31.10.2008. Hydrologická řada je kontinuální, tj. bez výpadku v měření.

Základní údaje o stanici:

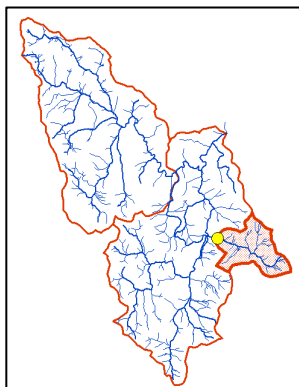
číslo hydrologického pořadí 1-08-01-040

plocha povodí 334,6 km²

nadmořská výška 564,36 m.n.m.

dlouhodobý průměrný útok 8,24 m³.s⁻¹

Profil Hamerský potok–Antýgl



Datová řada od 1.11.1962 do 31.10.1970 a od 1.11.1972 do 31.10.2008.

Základní údaje o stanici:

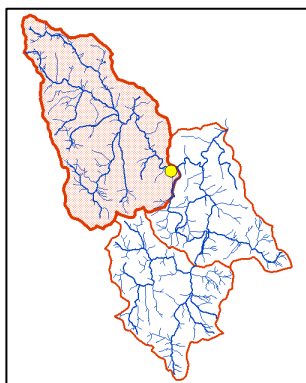
číslo hydrologického pořadí 1-08-01-015

plocha povodí 20,14 km²

nadmořská výška 923,92 m.n.m.

dlouhodobý průměrný útok 0,48 m³.s⁻¹

Profil Křemelná–Stod úlky



Datová řada je ve srovnání s ostatními profily velmi krátká. Data byla poskytnuta z devítiletého období od 1.11.1999 do 31.10.2008.

Základní údaje o stanici:

číslo hydrologického pořadí 1-08-01-033

plocha povodí 171,57 km²

nadmořská výška 760 m.n.m.

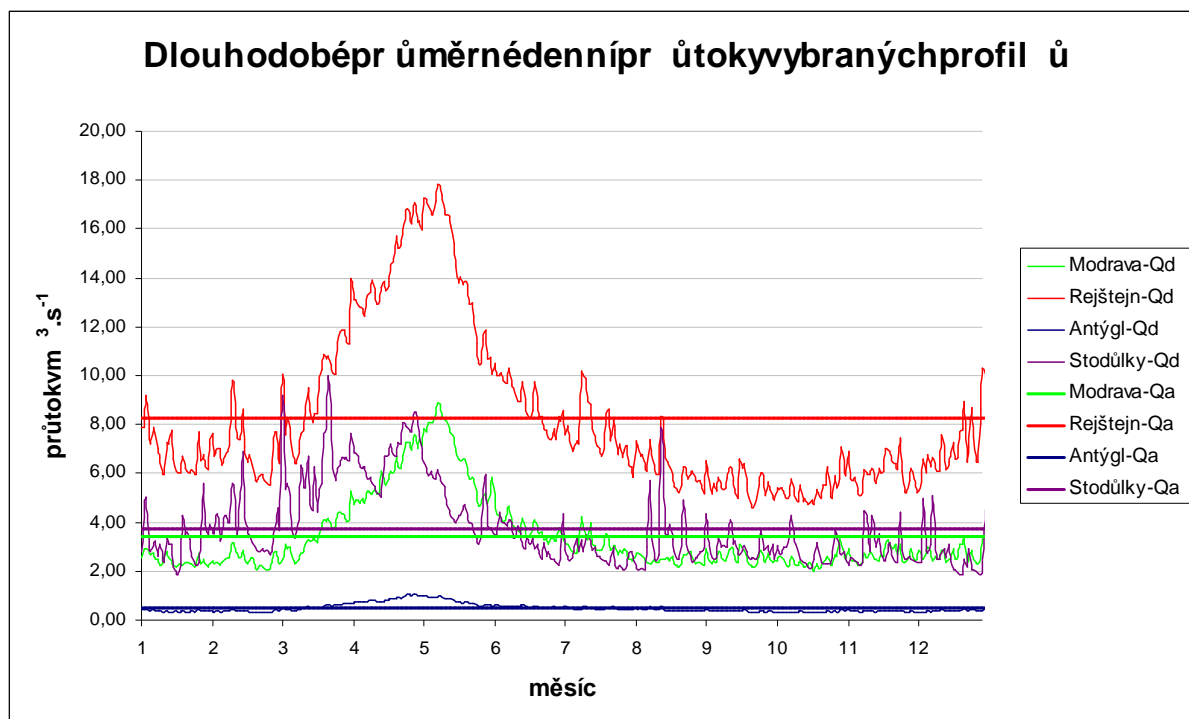
dlouhodobý průměrný útok 3,73 m³.s⁻¹

V následujících podkapitolách jsou nejprve přehledně zhodnoceny denní, měsíční a roční odtokové režimy všech jmenovaných profilů, včetně základních statistických měř variability odtokových charakteristik, a teprve pak jsou dávány do vzájemných souvislostí.

4.3.1. Hodnocení denních průtoků

Pro všechny vybrané profily byl nejprve sestaven graf dlouhodobých průměrných denních průtoků, který nejlépe podává představu o proměnlivosti průtoků v průběhu roku. Z grafu lze zjistit velikost měsíčních průtoků, rychlost jejich výskytu a tedy celkovou míru rozkolísanosti. Následně byly pro všechny profily vytvořeny křivky pro kročení dlouhodobých průměrných denních průtoků a vyjádřeny denní průtoky. Nazvány jsou uvedeny základní statistické měry variability a jejich konkrétní hodnoty jsou uvedeny pro každý profil.

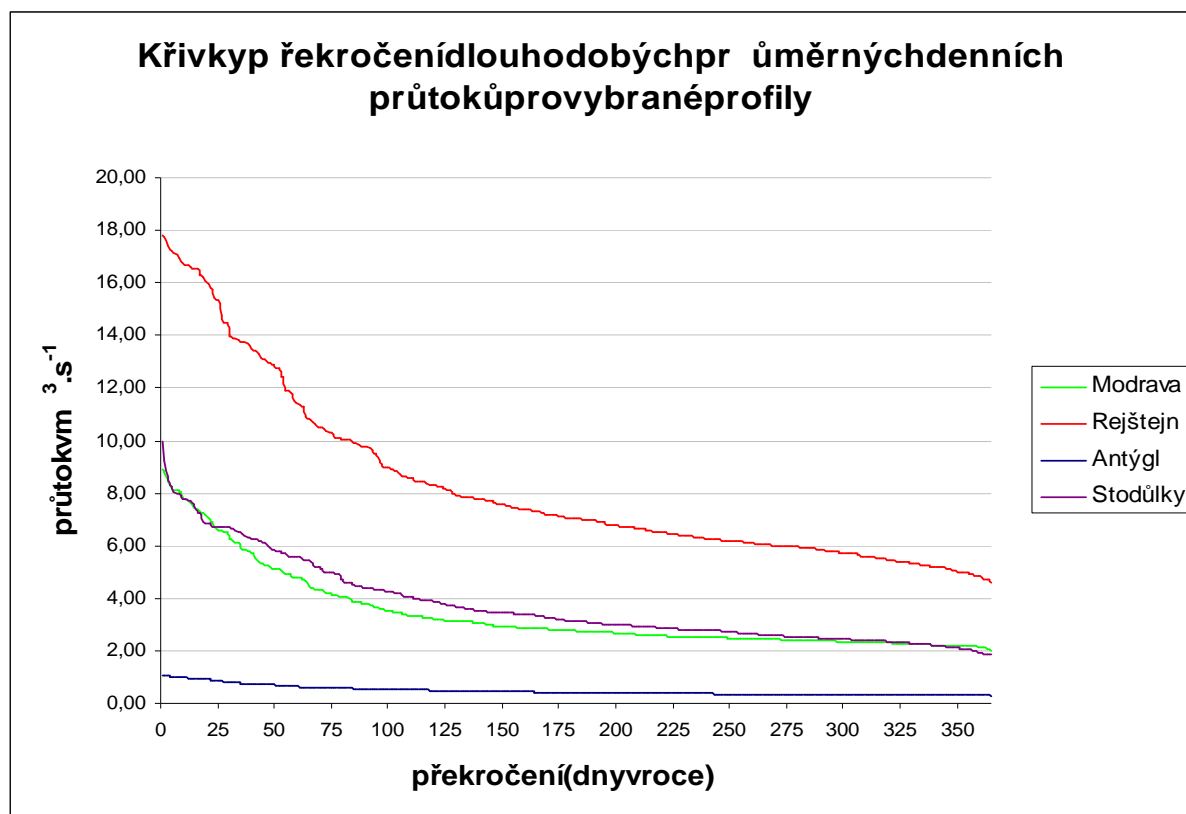
Z následujícího grafu (obr. 19) dlouhodobých průměrných denních průtoků vyplývá, že se u všech toků jedná o jednoduchý odtokový režim s jedním výrazným maximem v době jarního tání sněhu. Narůstající tendence se začíná objevovat v březnu, vrcholí zpravidla v druhé polovině dubna nebo na přelomu dubna a května, poklesová fáze pak připadá na květen až červen. Podružná maxima se objevují v zimě (prosinec, únor). Průtoková minima připadají na podzim (září, říjen), podružně se objevuje i minimum v druhé polovině února.



Obr.19: Graf dlouhodobých průměrných denních průtoků pro vybrané profily (zdroj: hydrologické řady ČHMÚ, upraveno)

Pro vyjádření míry rozkolísanosti průtoků denních průtoků lze použít i koeficientu překročení denních průtoků. V tomto případě je překročení vyjádřeno počtem dnů, kdy je průtok celou řadu průtoků, jedná se tedy o tzv. průměrné překročení (obr.20).

Absolutní hodnoty průměrného překročení jsou pak v denních průtoky v tab.5.



Obr.20: Křivky překročení dlouhodobých průměrných denních průtoků pro vybrané profily (zdroj: hydrologické řady ČHMÚ, upraveno)

Tab.5: M-denní průtoky pro vybrané profily (zdroj: hydrologické řady ČHMÚ, upraveno)

| m-denní Q | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 | 300 | 330 | 355 | 364 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Modrava | 6,27 | 4,77 | 3,79 | 3,22 | 2,92 | 2,76 | 2,62 | 2,51 | 2,4 | 4 | 2,35 | 2,26 | 2,03 |
| Rejštejn | 14,01 | 11,43 | 9,75 | 8,31 | 7,56 | 7,05 | 6,66 | 6,27 | 6,01 | 5,69 | 5,31 | 4,95 | 4,69 |
| Antýgl | 0,80 | 0,63 | 0,56 | 0,49 | 0,44 | 0,41 | 0,38 | 0,37 | 0,35 | 0,34 | 0,33 | 0,31 | 0,30 |
| Stodůlky | 6,69 | 5,56 | 4,42 | 3,87 | 3,45 | 3,13 | 2,95 | 2,80 | 2,57 | 2, | 46 | 2,28 | 1,87 |

Aby bylo možné jednotlivé profily mezi sebou srovnávat, byly vypočítány i číselné charakteristiky míry variability – decilová odchylka a variační koeficient.

Decilová odchylka - D se odvozuje z m-denních průtoků podle níže uvedeného vzorce. Jedná se tedy o průměrnou odchylku jednotlivých sousedních decilů m-denních průtoků.

$$D = \frac{Q_{30} - Q_{330}}{10}$$

Srostoucí hodnotou Droste i variabilita souboru. Hodnoty pro jednotlivé profily jsou pro větší přehled a možnost porovnání uvedené v tab. 6. Podle vypočtených hodnot je největší variabilita v profilu Rejštejnu. Zde je ovšem nutno podotknout, že decilová odchylka udává jen absolutní rozptětí, v němž se pohybuje asi 85% členů řady (Netopil, 1984). Pro vyjádření variability souboru je pak lepší použít takovou míru variability, která současně řeší jak variaci ve smyslu vzájemné odlišnosti všech hodnot denních průtoků, tak variaci ve smyslu odlišnosti každého denního průtoku od dlouhodobého průměrného průtoku Q_a . Takovou mírou variace je **variační koeficient C_v** .

Variační koeficient C_v se určuje podle následujícího vzorce jako podíl směrodatné odchylky (tj. míry absolutní variability) a aritmetického průměru souboru průměrných denních průtoků:

$$C_v = \frac{\delta}{Q_a} = \frac{\sqrt{\frac{\sum (Q_d - Q_a)^2}{n}}}{Q_a}$$

kde: Q_ddlouhodobý průměrný denní průtok,

Q_adlouhodobý průměrný průtok,

npočet členů řady denních průtoků.

Opět platí pravidlo, že srostoucí hodnotou variačního koeficientu vzrůstá i variabilita souboru. V tomto případě vypočtené hodnoty (viz tab. 6) poukazují na největší variabilitu v profilu Vydra–Modrava, nicméně rozdíl mezi jednotlivými profily není výrazně obecně lze říci, že se z hlediska variability se jedná o typické horské toky, u kterých se největší výkyvy projevují v období jarního tání a ve zbývajících částech roku bývají průtoky relativně vyrovnané.

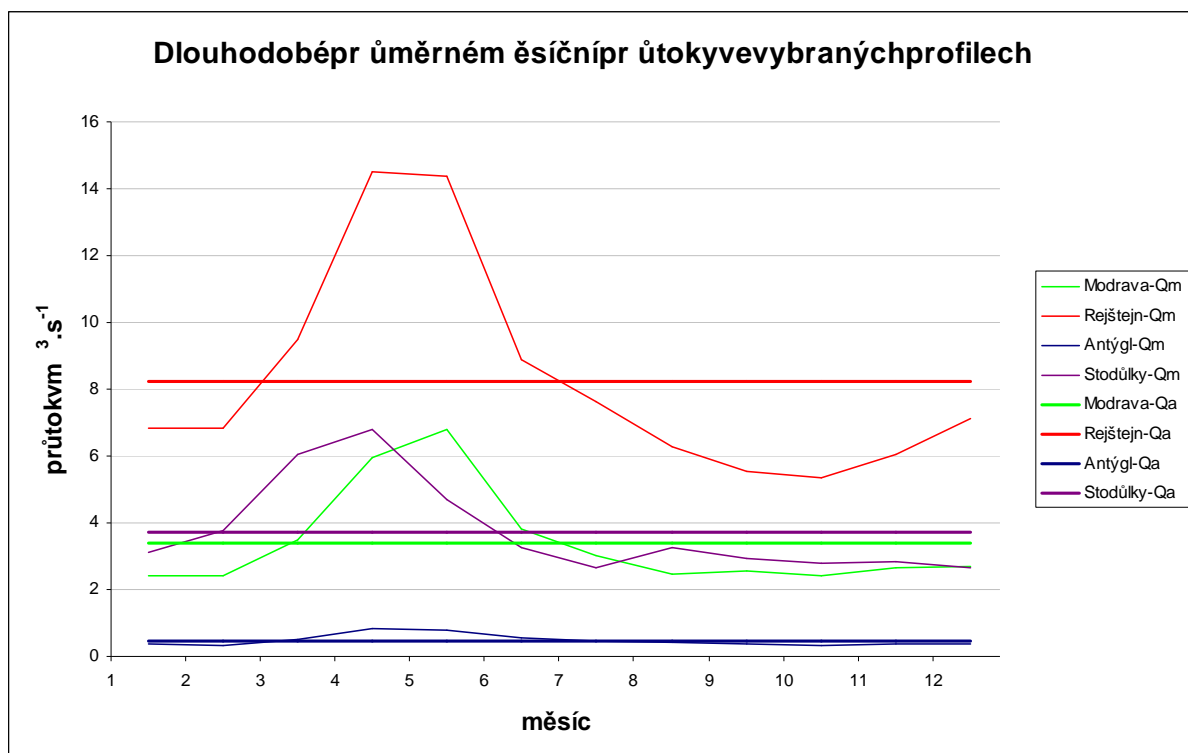
Tab.6: Základní statistické míry variability pro vybrané profily – hodnocení denních průtoků (zdroj: hydrologické řady ČHMÚ, výpočet autora)

| | Decilová odchylka-D | Variační koeficient-C_v |
|-----------------|----------------------------|---|
| Modrava | 0,401 | 0,449 |
| Rejštejn | 0,870 | 0,395 |
| Antýgl | 0,047 | 0,375 |
| Stodůlky | 0,441 | 0,429 |

4.3.2. Hodnocení měsíčních průtoků

Pro zhodnocení měsíčních průtoků byl nejprve sestaven graf dlouhodobých průměrných měsíčních průtoků pro všechny sledované profily a následně byla vypracována základní hydrologická statistika hodnotící variabilitu měsíčních průtoků.

Graf dlouhodobých průměrných měsíčních průtoků (obr. 21) podává představu o průběhu odtoku během roku. Jak již bylo zmíněno, nápadně vysoká maxima se objevují v jarních měsících (duben, květen). Minima se naopak dostavují na podzim v důsledku poklesu letních srážek (viz kap. 2.5.2., obr. 11). Z grafu je dobře patrný rozdíl v nástupu maximálních měsíčních hodnot průtoků mezi profilem Vydra – Modrava a Křemelná – Stodůlky. Maximum v profilu Modrava se objevuje až v květnu, tedy zhruba o měsíc později než v profilu Stodůlky, pro který je charakteristické maximum dubnové. Tento posun je dán zejména rozdílnými výškovými poměry obou povodí a snimi spojenými rozdíly v teplotních podmínkách, projevujících se v odlišném režimu zejména v době jarního tání. Poloha povodí Vydry ve vyšší nadmořské výšce má tedy vliv na zpomalení procesu jarního tání sněhu a tím posunutí jarních průtokových maxim. V profilu Rejštejn se tento fakt projevuje výskytem maximálních hodnot během obou jarních měsíců.



Obr.21: Graf dlouhodobých průměrných měsíčních průtoků pro vybrané profily (zdroj: hydrologické řady ČHMÚ, upraveno)

Ke zhodnocení rovnoměrnosti rozdělení měsíčních průtoků v průběhu roku a ke vzájemnému srovnání lze použít číselný **koeficient** K_R , jehož hodnota je ovlivněna podíly každého měsíčního odtoku na ročním odtoku.

Koeficient K_R lze jednoduše spočítat podle následujícího vzorce:

$$K_R = \frac{\sum (p_i - 8,3)}{8,3}$$

kde: p_i procentuální podíl každého měsíčního dlouhodobého ročního odtoku,
8,3..... průměrný podíl každého měsíčního odtoku (100/12=8,3).

Netopil (1984) uvádí rozmezí koeficientu K_R takto: pro ideálně vyrovnaný odtok v průběhu roku bude $K_R=0$, pro maximálně nevyrovnaný odtok v průběhu roku bude $K_R=22$. Hodnoty koeficientu K_R pro jednotlivé profily jsou vyjádřeny v tab.7. Uvedené hodnoty se od sebe nepřilíhají a jsou relativně nízké vzhledem k pořadí uvedenému v rozmezí. Z toho lze vyvozovat, že průměrné odtoky během roku jsou ve všech profilech relativně vyrovnané přes výraznější období.

Obdobně jako u hodnocení denních průtoků je u měsíčních průtoků vhodné použít pro hodnocení míry variability ročního rozložení odtoku podíl směrodatné odchylky a aritmetického průměru souboru měsíčních průtoků, tedy **variační koeficient** C_m :

$$C_m = \frac{\delta}{Q_a} = \frac{\sqrt{\frac{\sum (Q_m - Q_a)^2}{n}}}{Q_a}$$

kde: Q_m dlouhodobý průměrný měsíční průtok,
 Q_a dlouhodobý průměrný průtok,
 n počet členů řady měsíčních průtoků.

Tab.7: Základní statistická míra variability pro vybrané profily – hodnocení měsíčních průtoků (zdroj: hydrologické řady ČHMÚ, výpočet autora)

| | Koeficient-K_R | Variační koeficient-C_m |
|-----------------|------------------------------------|---|
| Modrava | 3,808 | 0,415 |
| Rejštejn | 3,470 | 0,365 |
| Antýgl | 3,303 | 0,347 |
| Stodůlky | 3,403 | 0,355 |

Podle vypočtených hodnot pro sledované profily (viz tab. 7) lze, obdobně jako u hodnocení denních průtoků, považovat za nejrozkolísanější opěť odtokový režim Vydry profilu Modrava, přestože rozdíly mezi jednotlivými profily nejsou příliš výrazné. Tato skutečnost může být zapříčiněna právě existencí určitěho negativního vlivu antropogenního původu. Vzhledem k relativní nedostupnosti oblasti povodí Vydry a drsnosti klimatických podmínek by právě Modravám měly být ze všech sledovaných profilů tím nejméně postiženým. Proto je třeba hledat spíše možnost nepřímého ovlivnění. V tomto ohledu nelze přehlédnout fakt, že povodí Vydry se od ostatních odlišuje zejména podílem odlesněných ploch postižených k úrovcovou kalamitou. Krajinný pokryv se přitom přímo účastní srážko-odtokových vztahů a jeho charakteru a vitality závisí i rozkolísanost odtokového režimu. Podle dosavadních výsledků výzkumu vitální lesní porosty řispívá k vyrovnanosti odtokových režimů a naopak plošné odlesnění, jako v případě povodí Vydry, se může projevit na odtokovém režimu výraznějšími kulminacími průtoky a celkově vyšší mírou rozkolísanosti. Stavem lesních porostů ve studované oblasti a možným ovlivněným odtokovým režimem se zabývá kap. 4.4.3.

4.3.3. Hodnocení ročních průtoků

V návaznosti na předchozí kapitoly byl zhodnocen i roční odtokový režim pomocí grafu průměrných ročních průtoků, přetlých klouzavých průtoků a zhodnocení vodnosti jednotlivých roků. Roční průtok vyjadřuje vodnost hydrologického roku.

Pro každý profil byl z úvodu nestejně dlouhých časových řad vypracován graf průměrných ročních průtoků samostatně. Slovní označení jednotlivých roků z hlediska jejich vodnosti bylo provedeno formou zkratk přímého grafu podobnosti. Výsledky jsou uvedeny v tab. 8.

K posouzení míry vodnosti jednotlivých roků bylo použita klasifikace podle Čegodajeva (in Netopil, 1984) založená na výpočtu pravděpodobnosti překročení podle vzorce:

$$p[\%] = \frac{m - 0,3}{n + 0,4} \cdot 100$$

kde: pprocento pravděpodobnosti překročení ročních průtoků,

mpořadové číslo ročních průtoků po řadání sestupně podle velikosti,

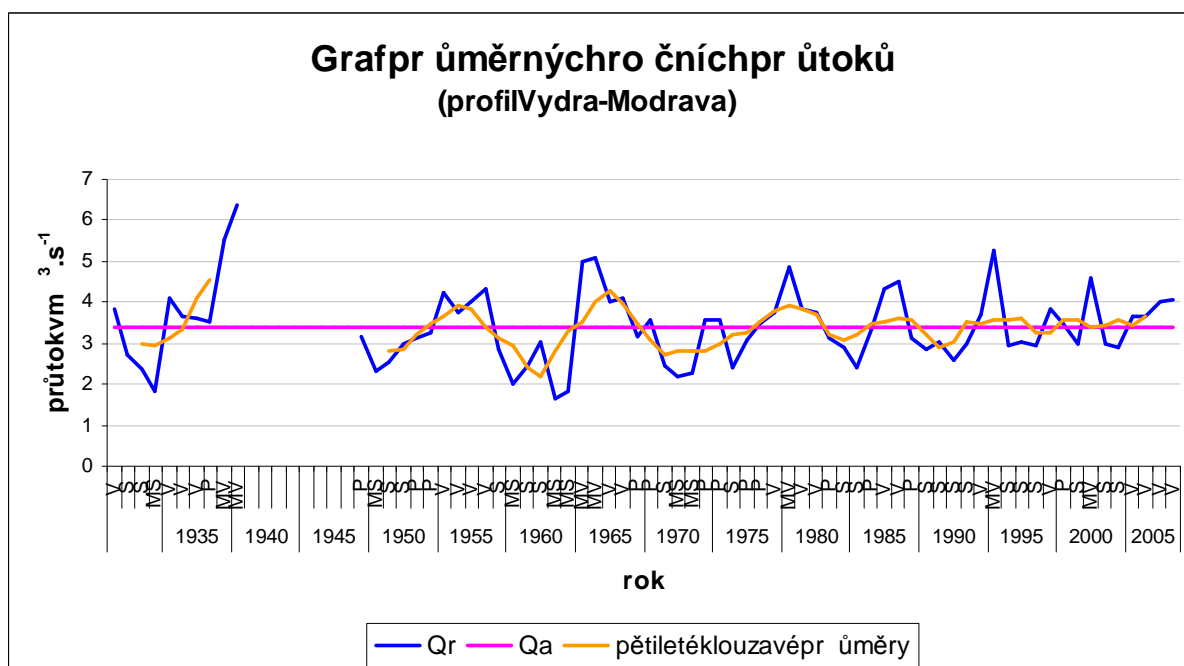
npočet členů jejich řady.

Vodnost je pak podle výsledné hodnoty pravděpodobnosti překročení posouzena následovně:

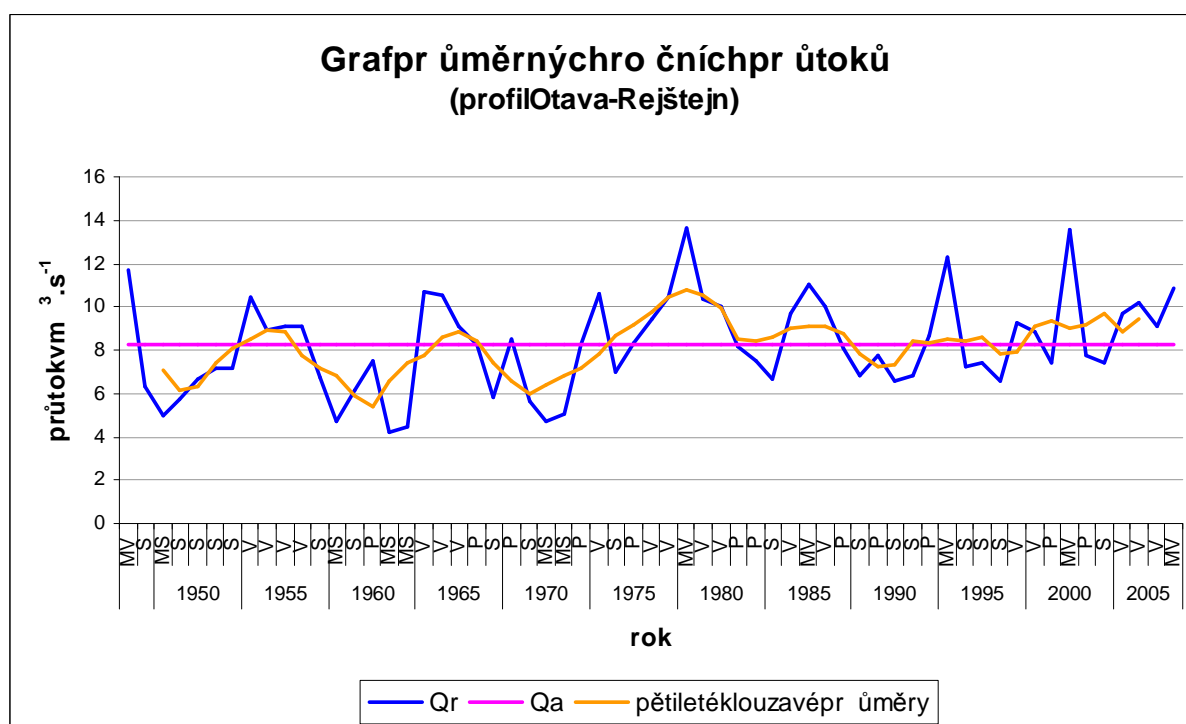
Tab.8: Slovní hodnocení vodnostírok úpodle $p\%$
(zdroj: Netopil, 1984)

| $p\%$ | Slovní hodnocení vodnosti | Zkratka |
|--------|---------------------------|---------|
| 0-10 | mimo řádně vodnýrok | MV |
| 11-40 | vodnýrok | V |
| 41-60 | průměrně vodnýrok | P |
| 61-90 | málo vodnýrok | S |
| 91-100 | mimořádně málo vodnýrok | MS |

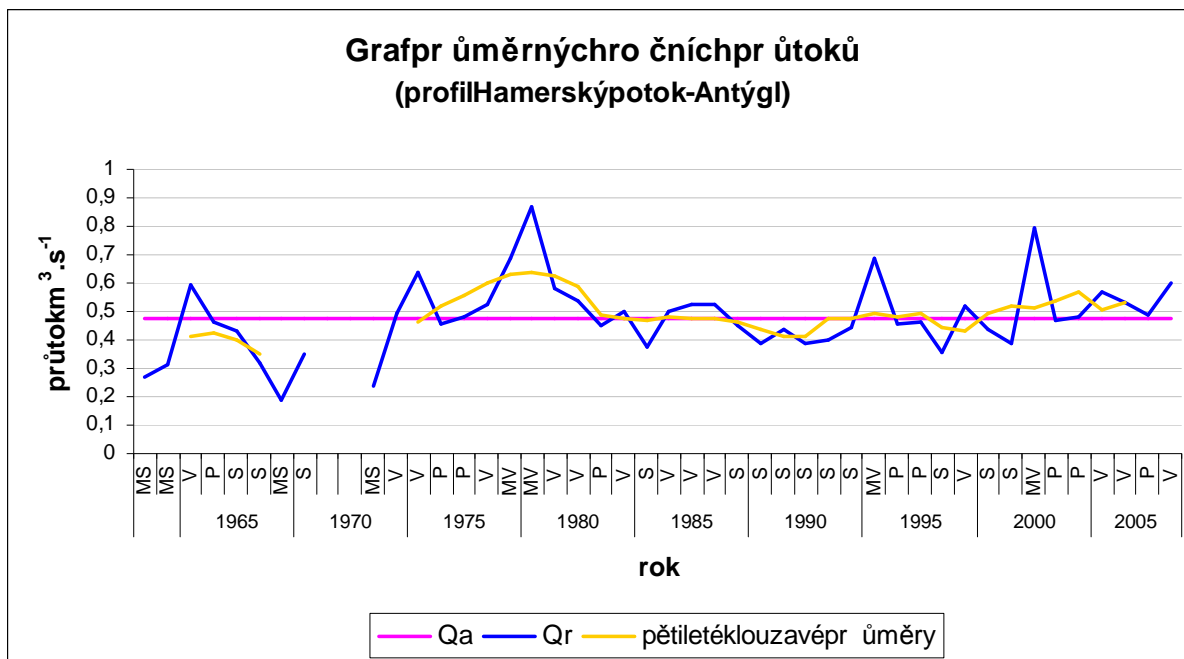
Grafy pro průměrných ročních průtoků (viz obr. 22-25) jsou pro přehlednější vyjádření trendu změny vodností doplněny o pětileté klouzavé průměry. Toto zhlazení lépe vystihne rytmické řízení nadprůměrně a podprůměrně vodných period, protože je obecně známo, že roky podobných vodností mají tendence sdružovat doskupin navzájem se střídajících. U profilů s dostatečně dlouhou řadou pozorování (Modrava, Rejštejn, Antýgl) lze již podle křivky klouzavých průměrů posuzovat určitý trend ve vývoji ročních průtoků, popř. usuzovat s jistou opatrností na průběh do nejbližší budoucnosti. Na základě pětiletých klouzavých průměrů lze konstatovat, že ve sledovaném období dochází v dlouhodobějším měřítku postupně k vyrovnávání odtoku, přičemž zejména extrémně suchá a málo vodná období se objevují s menší intenzitou. Vyrovnávací trend je zřetelný zhruba od počátku 90. let minulého století (viz případě profilu Hamerský potok - Antýgl již cca v polovině 60. a 70. let). Charakteristické řízení nadprůměrně a podprůměrně vodných period se v průběhu období urychluje a jednotlivé periody se zkracují. Nutno je ovšem podotknout, že na základě tohoto stanovení nelze přilížitvě odhadnout pokračování trendu do budoucnosti, tj. zda se jedná o trend trvalý nebo dočasný. Pomocí těchto výstupů lze tedy vyvodit, že extrémita odtoku s dlouhodobě nezvyšuje a obecně dochází k růstu objemu odtoku. Na druhé straně se z hlediska průměrných ročních průtoků extrémita postupně zvyšuje a nejvýrazněji se projevuje v krátkodobém měřítku (viz další kapitoly). V posledních desetiletích častěji hovoří o zvyšující se extrémitě atmosférických a hydrologických jevů, tedy zejména v souvislosti s nedávnými katastrofálními povodněmi, tzv. "flash floods" (bleskové povodně). Z grafů je i patrné, že v posledních letech se průměrný odtok pohybuje spíše nad dlouhodobým průměrem. Nelze ovšem vyloučit, že se v budoucích letech neobjeví zase naopak častější extrémně suché periody. Chování člověkem narušeného klimatického systému nelze odhadnout a proto je třeba pracovat na lepší připravenosti v úči extrémním hydrologickým jevům, zejména v oblasti retence a retardace vody krajině.



Obr.22: Grafpr ůměrnýchro čníchpr ůtokůproprofilVydra–Modrava
(zdroj:hydrologickádata ČHMÚ,upraveno)

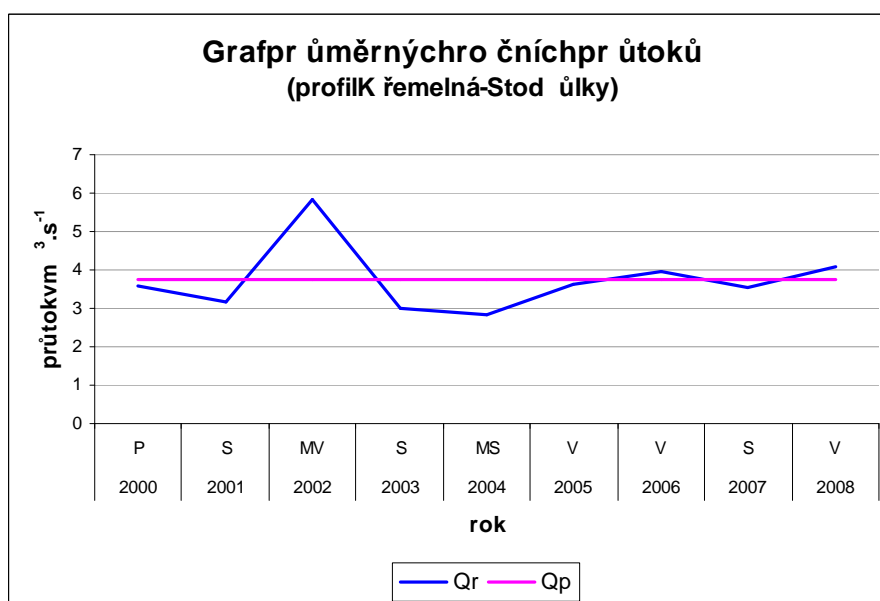


Obr.23: Grafpr ůměrnýchro čníchpr ůtokůproprofilOtava–Rejštejn
(zdroj:hydrologickádata ČHMÚ,upraveno)



Obr.24: Grafpr ůměrnýchro čníchpr ůtokůproprofilHamerskýpotok–Antýgl
(zdroj:hydrologickádata ČHMÚ,upraveno)

Graf pr ůměrných ro čních pr ůtoků pro profil K řemelná – Stod ůlky byl p řídán pouze doplňkově. Devítiletá hydrologická řada není dost reprezentativní pro ur čování trendu ani nelzedografudoplnitklouzavépr ůměry.Nagrafujeovšemvelmidob řeznátpovod ňovýrok 2002.



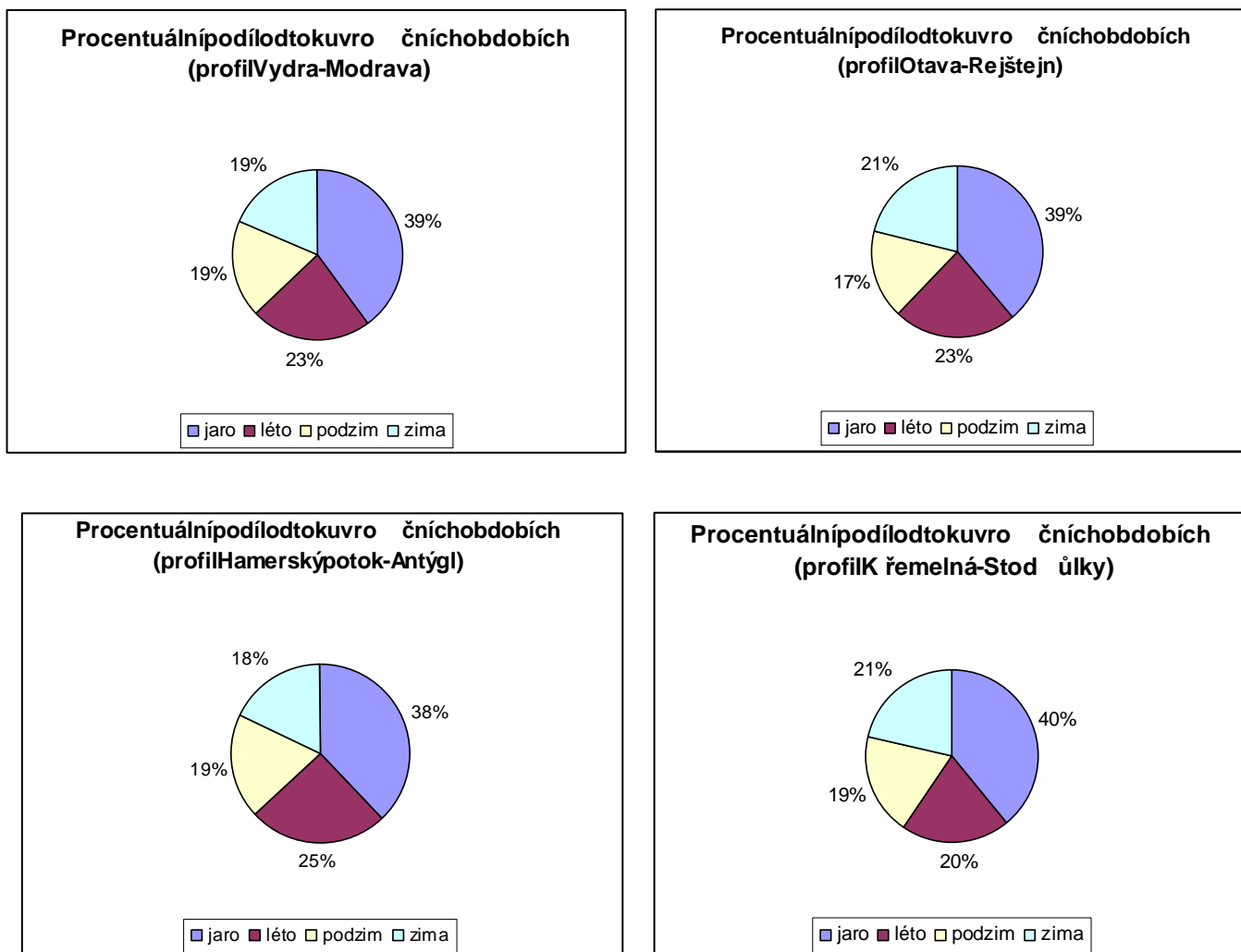
Obr.25: Grafpr ůměrnýchro čníchpr ůtokůproprofilK řemelná–Stod ůlky
(zdroj:hydrologickádata ČHMÚ,upraveno)

(pozn. autora: Pr ůměrný pr ůtok za sledované devítileté období nelze nazvat pr ůtokem dlouhodobým. Proto bylo vtomto p řípadě použito ozna čení Qp, tedy pr ůměrný pr ůtok za období1.11.1999–31.10.2008)

4.3.4. Odtokové charakteristiky

Pro zhodnocení odtokových charakteristik byly nejprve graficky zpracovány roční rozložení odtoku podle procentuálního podílu odtoku uvnitř ročních období. Podle uvedených grafů (obr. 26-29) je ve všech sledovaných profilech roční rozložení odtoku prakticky stejné. Jarní období dominuje, během tří jarních měsíců (březen, duben, květen) odteče zhruba 40 % ročního odtoku, přičemž nejvyšší podíl má zpravidla duben (15%), pouze v profilu Modrava je nejvyšší odtok v květnu (17%), zjištěno dříve uvedeného důvodu pozdějšího tání sněhové pokrývky. Netopil (1984) klasifikuje tok, u kterého během jednoho ročního období odteče z povodí mezi 30-50 % ročního odtoku, jako tok smírně nevyrovnaný ročním odtokem. Ostatní období jsou poměrně vyrovnané, smírnou převahou zimy. Minimální podíl na odtoku má zpravidla říjen (5-6%).

Následně byly pro každý profil také zpracovány základní odtokové charakteristiky (viz tab. 9):



Obr. 26–29: Procentuální podíl odtoku v ročních obdobích pro vybrané profily
(zdroj: hydrologická data ČHMÚ, upraveno)

Tab.9: Základní odtokové charakteristiky pro vybrané profily (zdroj: hydrologická a klimatologická data ČHMÚ, výpočet autora)

| Odtokové charakteristiky | Průměrné množství (objem) odtoku – O [m ³] | Specifický odtok – q [l·s ⁻¹ ·km ⁻²] | Odtoková výška – H_o [mm] | Koeficient (součinitel) odtoku – ϕ [%] |
|--------------------------|---|--|--------------------------------|--|
| Modrava | 107,281542 · 10 ⁶ | 37,6 | 1185,3 | 96,2 |
| Rejštejn | 259,819630 · 10 ⁶ | 24,6 | 775,6 | 65,9 |
| Antýgl | 15,072659 · 10 ⁶ | 23,7 | 747,5 | 66,3 |
| Stodůlky | 117,753677 · 10 ⁶ | 21,8 | 685,5 | 57,5 |

Průměrné množství (objem) odtoku – O je celkové množství vody, které odečte korytem řeky za vymezený časový úsek, v tomto případě za průměrný rok. Jedná se o konkrétní hodnotu v m³. V tomto případě je jasné, že nejvyšší hodnota náleží profilu Otava – Rejštejn.

Specifický odtok – q vyjadřuje množství vody odtékající za jednotku času z jednotky plochy povodí. Nejvyšší specifický odtok logicky vykazuje povodí Vydry po profilu Modrava, jako nejvýše položené povodí má i nejvíce srážek. Ostatní hodnoty jsou celkem vyrovnané a všechny poměrně vysoké, což ovšem odpovídá typu horských toků.

Odtoková výška – H_o představuje vrstvu vody, která otekla za určité období (v tomto případě za průměrný rok), rovnoměrně rozloženou na plochu povodí. Hodnoty v tomto případě korelují s hodnotami specifického odtoku. Nejvíce opět ze stejné hodnoty úvodu v případě povodí Vydry.

Koeficient (součinitel) odtoku – ϕ – udává poměr mezi výškou odtoku a srážek nebo objemem odtoku a srážek spadlých na plochu povodí, tedy vyjadřuje procentuálně podíl celkového množství spadlých srážek, který odtéká z povodí do níže uvedených toků. Průměrný úhrn srážek na povodí je uveden v tab. 2.

U všech uvedených charakteristik dosahuje nejvyšších hodnot profil Vydra – Modrava, zejména koeficient odtoku je v tomto případě až extrémně vysoký, což lze hodnotit jako velmi negativní fakt. Všechny uvedené charakteristiky svědčí o nepříznivých odtokových poměrech v povodí Vydry. Právě v této oblasti by tedy bylo vhodné vyřešit otázku možnosti navýšení retence vody v krajině.

4.3.5. Porovnání odtokového režimu v profilu Vydra – Modrava a Otava-Rejštejn

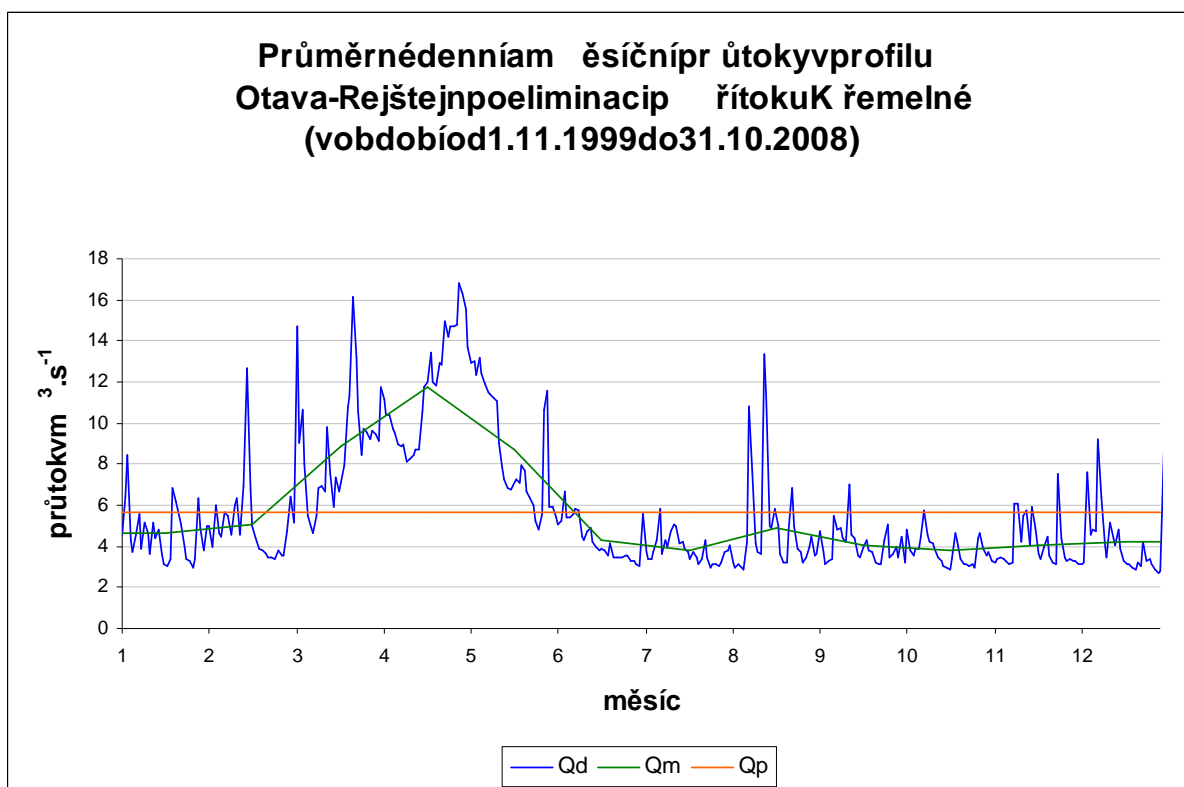
Vzhledem k existenci vodní elektrárny na Vydrě, ležící shodou okolností mezi dvěma státními měřnými profily (Modrava a Rejštejn), se přímo nabízí možnost porovnat hydrologický režim Vydry v těchto profilech a získat tak poměrně přesné informace o vlivu tohoto vodního díla na Vydru. Údaje o průtocích v profilu Rejštejn vztahující se pouze na Vydru lze získat eliminací známého průtoku Křemelné. Vzhledem k tomu, že souvislá hydrologická řada z profilu Stodůlky na Křemelné je relativně krátká, je třeba i v profilu Rejštejnuvažovat pouze data za odpovídající období, aby srovnání bylo objektivní. Jedná se tedy pouze o devítileté období od 1.11.1999 do 31.10.2008.

Nejprve byl na základě prostého odečtu hodnot průtoků eliminován vliv Křemelné a vytvořen graf průměrných denních a měsíčních průtoků v profilu Rejštejn tak, jak by vypadal pouze pro Vydru (viz obr. 30). Vliv několika drobných průtoků, které se vlévají do Vydry, Křemelné a Otavy mezi porovnávanými profilem, lze zanedbat stejně jako minimální převod vody z povodí Vydry do povodí Křemelné systémem Vchynicko-tetovského kanálu. Z těchto důvodů lze data z obou státních profilů poměrně dobře porovnávat.

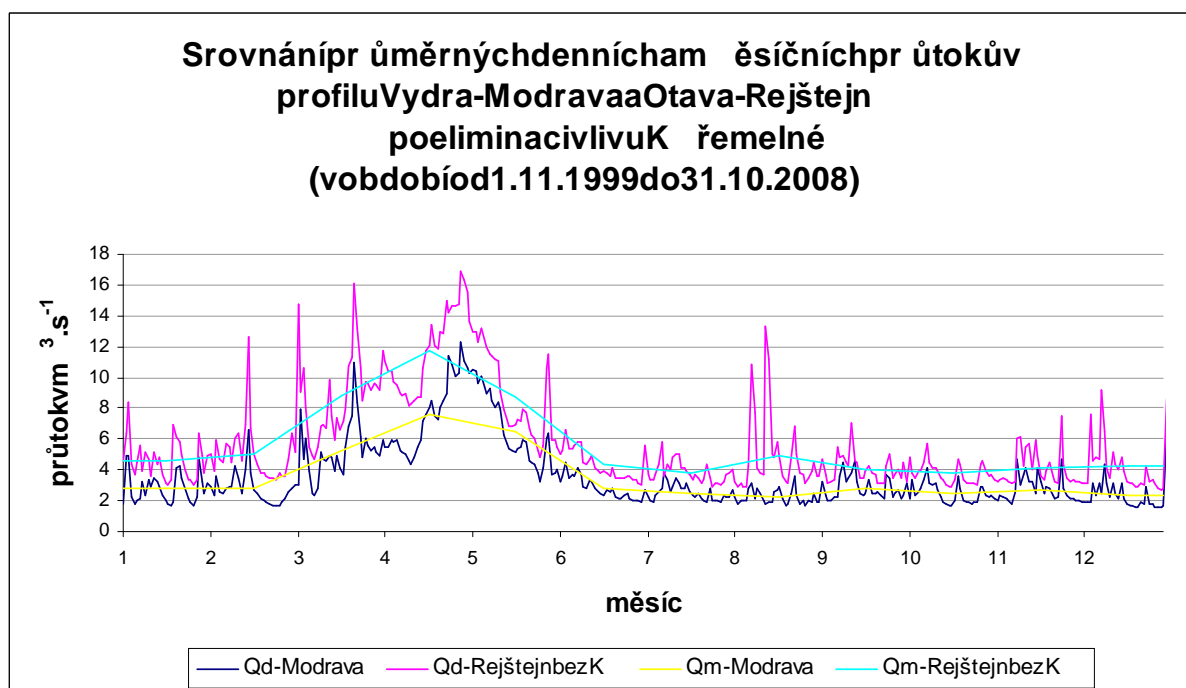
Pro srovnání byl vytvořen graf průměrných denních a měsíčních průtoků pro oba sledované profile (viz obr. 31) za stejné časové období, které ovšem v profilu Vydra – Modrava není úplně kontinuální, protože díky srpnové povodni v roce 2002 došlo k výpadku měření v období od 1.8.2002 do 31.8.2002. V profilu Otava – Rejštejn je naopak tato povodňová událost zachycena a na grafu průměrných denních průtoků se tak projevuje výrazným extrémem.

Ještě bližší závislosti lze docílit eliminací dalšího průtoku, jehož průtokové charakteristiky jsou známy, tedy Hamerského potoka. Srovnání průměrných denních a měsíčních průtoků v profilech Modrava a Rejštejn po odstranění vlivů Křemelné i Hamerského potoka je v následující obr. 32.

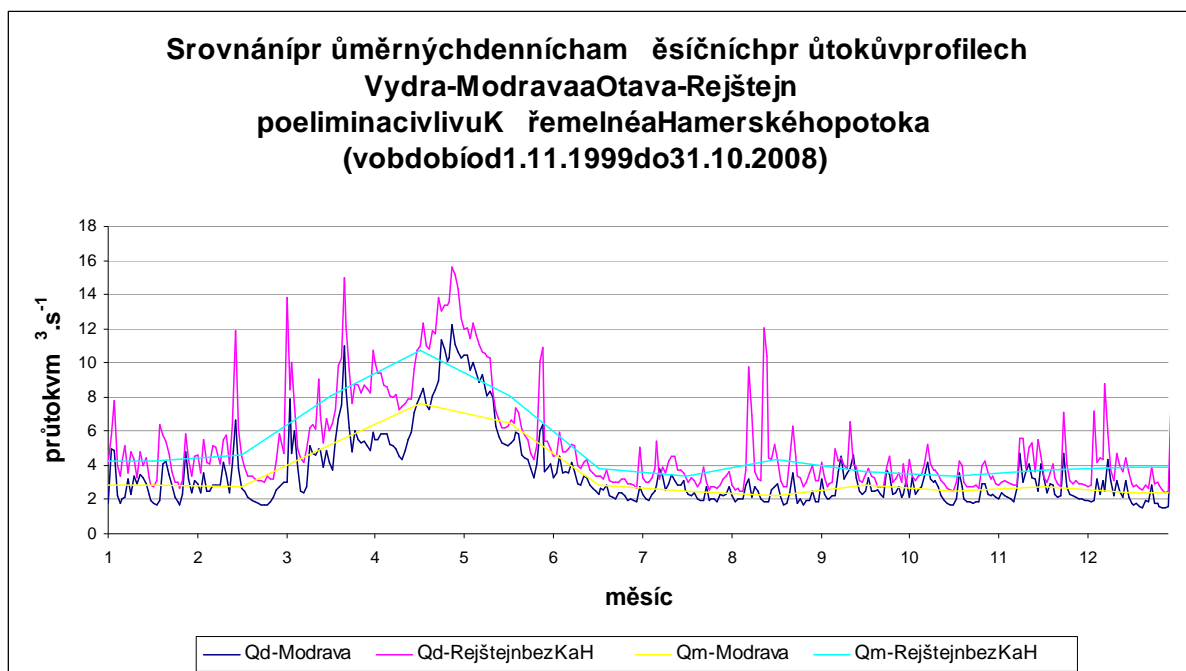
Pro bahodnocení profilů bylo následně spočteny statistické míry variability (viz tab. 10).



Obr.30: Graf průměrných denních a měsíčních průtoků v profilu Rejštejnská po eliminaci vlivu K řemelné za období od 1.11.1999 do 31.10.2008.
(zdroj: hydrologická data ČHMÚ, upraveno)



Obr.31: Srovnání průměrných denních a měsíčních průtoků v profilu Modrava a Rejštejnská po eliminaci vlivu K řemelné (K) za období od 1.11.1999 do 31.10.2008.
(zdroj: hydrologická data ČHMÚ, upraveno)



Obr.32: Srovnánípr ůměrných dennícham ěsíčníchpr ůtokůvprofiluModravaaRejštejn bezvlivuK řemelné(K)aHamerskéhopotoka(H)zaobdobíod1.11.1999do31.10.2008. (zdroj:hydrologickádata ČHMÚ,upraveno)

Tab.10: Srovnání míry variability odtokového režimu Vydry v porovnáváních profilech (zdroj:hydrologické řady ČHMÚ, výpočet autora)

| | Variační koeficient- C_v | Koeficient- K_R | Variační koeficient- C_m |
|----------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|
| Vydra-Modrava | 0,599 | 4,806 | 0,485 |
| RejštejnbezKaH | 0,558 | 4,419 | 0,449 |

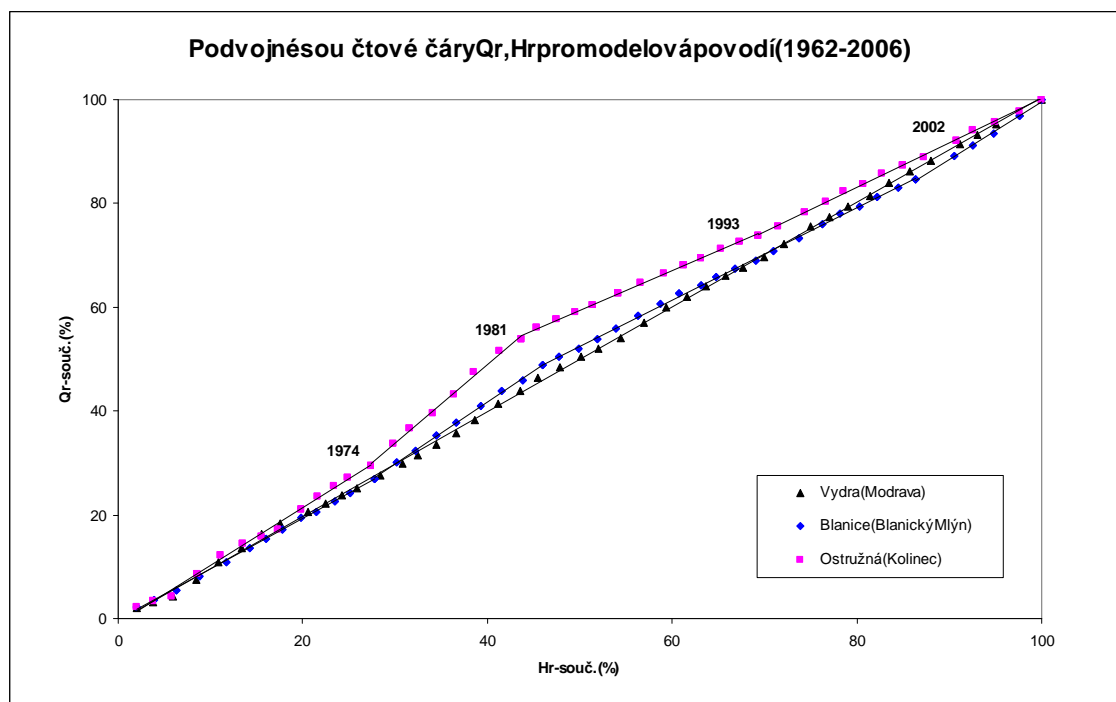
Ze všech vypočtených hodnot je zřetelná větší míra variability v profilu Vydra – Modrava, přestože ve využití řadě chybí extrémní povodňová událost ze srpna 2002. Lze tedy předpokládat, že pokud by tato událost zahrnutá byla, byly by hodnoty vyjadřující míru rozkolísanosti odtokového režimu ještě vyšší. Vzhledem k tomu, že oba porovnávané profily leží na stejném toku nedaleko od sebe, a přesto se míra variability mezi nimi liší, lze usuzovat na potencionální vyrovnávací účinek plavebního kanálu. Tento předpoklad se ovšem nevztahuje na úsek toku Vydry mezi odběrným místem Rechle a výpustí odpadní vody ze elektrárny Vydra. V tomto úseku je naopak prokázán extrémní nárust variability (viz kap. 4.4.4.6.)

4.3.6. Jednoduché a podvojně součtové čáry

Sledování trendů ve vývoji odtoku a srážko-odtokových (s-o) vztahů v povodí Otavy, zejména s ohledem na možnou změnu způsobenou antropogenními zásahy do říčního systému a celkové struktury povodí (změny krajinného pokryvu apod.) se zabývali Kliment a Matoušková (2007). Cílem jejich výzkumu byla analýza dlouhodobých trendů ve vývoji s-o vztahů v pramenných oblastech vodních toků, vtzv. jaderných zónách pramenných povodí. Mezi tyto zóny patří říční pramenná oblast Otavy.

Na základě studie Klimenta a Matouškové (2005), ve které bylo analyzováno celé povodí Otavy, byla vybrána tři modelová povodí: povodí Vydry (profil Modrava), povodí Ostružné (profil Kolinec) a horní část povodí Blanice (profily Blanický Mlýn, Podedvorský Mlýn a Heřmaň). Metodou součtových čar byly aplikovány rovněž pro profil Hamerský potok - Antýglazávěrový profil zájmového území, profil Otava-Rejstejn.

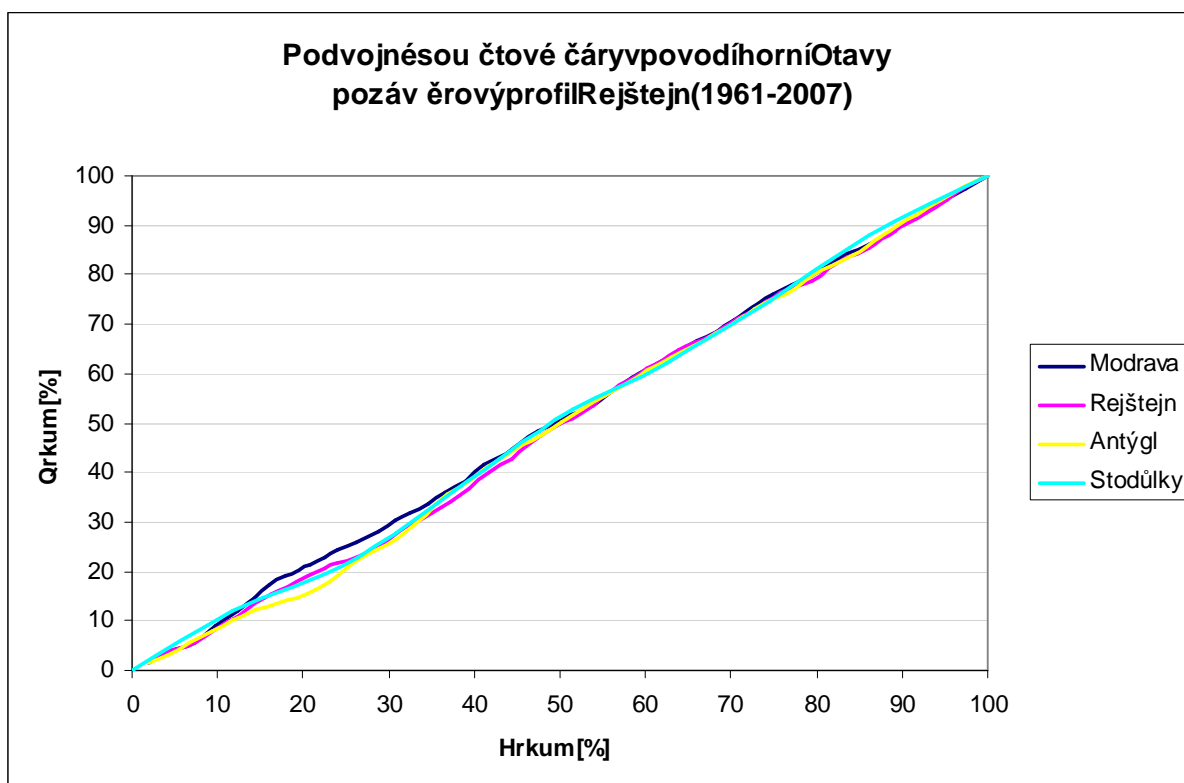
Jako zdrojová data pro jednotlivé analýzy byly použity průměrné denní hodnoty průtoků vody pro dané limnigrafické stanice od zahájení měření do hydrologického roku 2002, denní hodnoty srážkových úhrnů pro srážkové a klimatologické stanice v povodí Otavy a jeho blízkém okolí pro období 1961-2002 (data poskytl ČHMÚ). K analýzám byly použity metody jednoduchých a podvojných součtových čar, na jejichž základě byly prokázány odchylky ve vývoji odtoku (viz obr. 33). Ze třech vybraných modelových povodí v horské a podhorské části Šumavy se odchylky nejvíce projevíly v zemědělsky využívaném povodí Ostružné, méně výrazně v povodí horní Blanice a nebyly naopak zjištěny v pramenném povodí Vydry. Změny se projevíly zřetelně na ústí odtoku v 70. a 80. letech minulého století a postupným úbytkem odtoku v následném období (Kliment, Matoušková, 2007).



Obr.33: Podvojně součtové čáry v povodí Vydry, Blanice a Ostružné (1962-2006)
(zdroj: Kliment, Matoušková, 2007)

Pokud se zaměříme pouze na analýzu profilů nacházejících se ve studované oblasti (Vydra-Modrava, Hamerský potok-Antýgl, Otava-Rejštejn), je možné vyvodit následující závěry. Na základě jednoduchých součtových čar průměrných denních průtoků a jednoduchých součtových čar průměrných měsíčních ročních průtoků srážkových úhrnů vyplývá, že v profilech Vydra-Modrava i Otava-Rejštejn nebyly rozpoznány výrazné změny vodtokového režimu. Pro zprůhlednění situace byly pro oba sledované profily sestaveny podvojně součtové čáry ročních průtoků vody a ročních úhrnů srážek, které nejlépe vystihují zjištěné změny ve vývoji odtoku. Pomocí této metody bylo dosaženo stejných závěrů (viz výše). Nepatrný trend ve změně odtoku (jeho navýšení) v 2. pol. 20. století lze vysledovat až na středním a dolním toku Otavy (profil Sušice). Podobné trendy ve vývoji odtoku zjištěné analýzou podvojných součtových čar ročních průtoků srážkových úhrnů pro sledované profily dokumentují jednoduché součtové čáry hodnot součinitelů odtoku z období 1962-2002. Až na základě analýzy minimálních ročních průtoků, které byly zvoleny záměrně, neboť při výpočtu aritmetického průměru ročního průtoku může docházet ke zkrácení velikosti odtoku výskytem extrémních situací (minimy a maximy), došlo k významnějšímu odchýlení vývojového trendu od směrnice průměrných ročních průtoků rovněž u profilů úhorním úseku povodí Otavy (Vydra-Modrava a Hamerský potok-Antýgl). V případě profilu Vydra-Modrava byl zaznamenán mírný nárůst odtoku v Q_{pr} v období 1977-82, rovněž tak na profilu Hamerský potok-Antýgl v období 1974-82. Tyto výsledky korelují s výskytem srážkově dotovanějšího období v těchto letech (Kliment, Matoušková, 2007).

Ke stanovení průměrné výšky srážky na povodí byla vzhledem k velkému množství zpracovávaných dat na úrovní měsíčních hodnot použita polygonová metoda. Tase ukázal a zejména v horských oblastech v místech s malou hustotou srážkoměrných stanic jako nedostatečná, vedoucí k podhodnocení srážkového úhrnu a vyšším hodnotám součinitelů odtoku (např. profil Vydra-Modrava). Dosažené výsledky by zprůčetnily, ne však zásadním způsobem, aplikace dalších interpolačních metod (Kliment, Matoušková, 2007). Při tvorbě podvojných součtových čar průměrných ročních průtoků a ročních úhrnů srážek pro profily nacházející se v zájmovém území (Vydra-Modrava, Hamerský potok-Antýgl, Otava-Rejštejn a navíc Křemelná-Stodůlky; obr. 34) byla využita data ČHMÚ o průměrných denních úhrnech srážek na jednotlivá povodí (MAP) z let 1961-2007. Byla vypočtena tak, že ze všech dostupných stanic z databáze ČHMÚ byly vytvořeny gridy s krokem 1 km (metodou kriging bez vlivu orografie). Z nich se pak pomocí výřezu vypočetly hodnoty pro jednotlivá MAP. Podkladová data o průtocích byla použita stejná.



Obr. 34: Podvojnésou čtové čáryvpovodí horní Otavy po záv ěrový profil Rejštej (1961-2007)

(zdroj:hydrologické řady ČHMÚ)

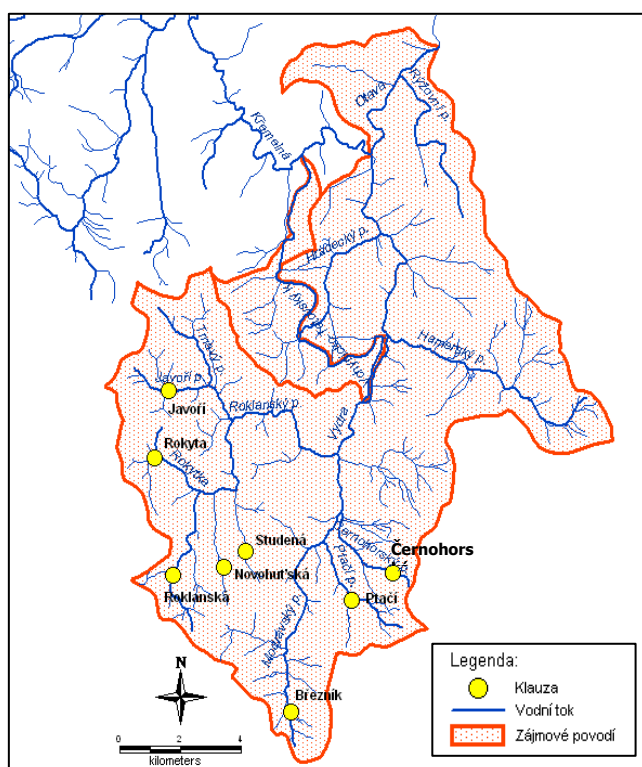
Vykreslené jednoduché i podvojnésou čtové čáry pro jednotlivé profily vrámci zájmového povodí potvrdily stejné záv ěry prezentované Klimentem a Matouškovou (2007), byť byla jejich sestavení použita kvalitnější srážková data. Aplikace metody jednoduchých a podvojných sou čtových čar se pro identifikaci změny ve srážko-odtokovém režimu ukázala jako vhodná. Na středním a dolním toku Otavy jsou na základ ě těchto metod znatelné nepatrné změny v odtokovém režimu. Na horním toku Otavy nebyly výrazné změny v odtokovém režimu vůbec nalezeny, uř čité drobné změny vodtoky byly ve sledovaných profilech identifikovány pouze při vyhodnocení vývojového trendu minimálních prům ěrných ročních průtoků.

4.4. Antropogenní vliv na odtokový režim v zájmovém území

Antropogenní působení na odtokové režimy toků se projevuje v různých formách. Následující kapitola se postupně zabývá čtyřmi hlavními směry, ve kterých se impact člověka v studovaném území projevil nejvýrazněji. Každá sféra antropogenního působení je nejprve hodnocena obecně platnými vědeckými, nejčastěji na základě širší odborné literatury, a poté je podložena vlastními vlastními závěry vyvozenými z výsledků výzkumu v studované oblasti.

4.4.1. Někdejší akumulční nádrže (klauzy)

Klauzy, lidově nazývané švele, jsou uměle vybudované nádrže, které se používaly pro zvýšení hladiny vody ve Vchynicko-tetovském kanále v 19. století. V období existence vojenského pásma byly částečně zničeny a dnes se již nevyužívají. V krajině jsou patrná pouze torza dřívějších hrází. V povodí Vydry nad obcí Modrava jich bylo celkem osm, přičemž největší z nich se nacházela v lokalitě pod Březníkem. Běl, Barták, Ettler (2001) uvádějí ve svém díle podobné odhady objemu těchto nádrží (viz tab. 11). Na základě současných dat z výměřování potenciálního objemu akumulčních prostor lze usoudit, že byly do značné míry nepřesné. Více viz kap. 4.4.1.2.



Tab.11: Odhadované objemy nádrží dle Běla, Bartáka, Ettlera (2001)

| <i>název</i> | <i>obsah vody v m³</i> |
|----------------------|--|
| 1 Javoří | 16.000 |
| 2 Rokyta | 18.000 |
| 3 Roklanská | 14.000 |
| 4 Novohuťská | 15.000 |
| 5 Studená | 3.000 |
| 6 Březník | 21.000 |
| 7 Ptačí | 1.000 |
| 8 Černohorská | 22.000 |

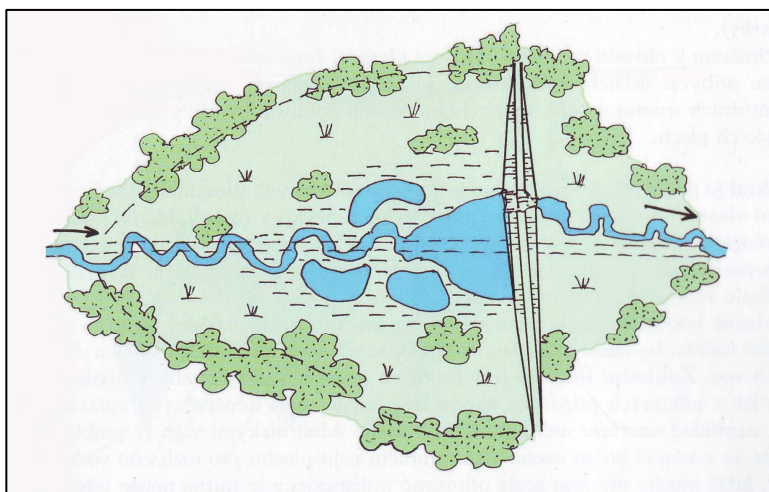
Obr.35: Mapa rozšíření úvodních klauz v zájmovém území
(zdroj: datové vrstvy VÚV, Běl, Barták, Ettler, 2001 a vlastní terénní výzkum)

4.4.1.1. Potenciální využití retenčních nádrží

V současné době se klauzy staly objektem zájmu v souvislosti s možnostmi jejich obnovy a využití v protipovodňové ochraně a řešení problému sucha jejich úpravou na tzv. suché (zelené) poldry. Mohly by tak poskytnout nejen snížení kulminací povodňových vln a zachycení povodňové vody, ale rovněž zlepšení regulačních podmínek během suchých období na výdeji a plavebním kanálu. Tyto malé objekty sice nemohou vyřešit problém protipovodňové ochrany ve větším územním celku, ale mohou poskytnout částečnému snížení povodňových škod (Janský, Kocum, 2007).

Poldr je zvláštním druhem malé vodní nádrže. Celý jeho zádržný prostor (jednoúčelový suchý poldr) nebo jeho větší část (poldr s částečným stálým nadržením) slouží krátkodobému zachycování povodňových průtoků (Just a kol., 2003). Důležitě je zaměřit tento termín spíše na římořské oblasti severního Německa, Nizozemí, a také například na Dunaji, kde je termínem poldr myšlena nížinná plocha chráněná hrázemi před zaplavením. Povodňový poldr je například zaplavován cíleně.

V horských podmínkách zájmového území a na území národního parku se samozřejmě nemůže jednat o žádné gigantické projekty. Malé vodní nádrže mají sice méně významnou retenční schopnost a slouží k zachycení především malých povodní, nicméně transformací povodní do malých nádrží pomáhá alespoň v lokálním měřítku (v dílčích povodích) získat čas k aktivaci ochrany níže toku (Strategie ochrany před povodněmi na území ČR). Místní podmínky navíc samy nabízejí možnost využití již stávajících malých vodních nádrží (klauz), které by po vhodných úpravách mohly naplnit nejen funkci povodňového poldru, ale rovněž nadlepšit odtok během suchých období. Jedno z možných řešení aplikovatelných v zájmovém povodí znázorňuje Just (2005) na své schématu poldru (viz obr. 36).



Obr. 36: Schéma poldru s částečným nadržením
(zdroj: Just, 2005)

Na obrázku je znázorněn vodní tok, retenční prostor a průtočná hráz. Za normální situace hráz neovlivňuje (pokud to není účelem) vodní tok. Při větších průtocích, které již přesahují kapacitu spodního výpusti, se začíná plnit retenční prostor. Pokud epizoda zvýšených průtoků trvá a retenční prostor je vyčerpán, dosáhne hladina bezpečnostníhopřelivu, který brání překročení kapacity nádrže. Po opadnutí povodňové vlny voda z nádrže pomalu vyteká spodním výpustí až do dosažení průvodního stavu.

Vybavení poldrů musí odpovídat technicko-bezpečnostním požadavkům na nádrže, neboť průlomová vlna za případné destrukce poldru by mohla znamenat ještě podstatně horší událost než nejvíce šířená povodeň (Just a kol., 2005). Tady se ovšem objevuje problém, který se poldrům váže – stabilita celého objektu. Někteří odborníci se ke stabilitě a bezpečnosti poldrů vyjadřují kriticky. Za rizikový moment pokládají velmi rychlé napouštění nádržního prostoru se suchou hrází, která může být navíc poškozena hlodavci. Za problematickou pokládají někteří odborníci výšku hráze nad 3 metry (Just et al., 2003).

Za běžné situace existuje možnost retenční prostor nádrže v období sucha využít hospodářsky, například pro zemědělské obhospodařování či jako pastvinu, na území Národního parku však další využití nepřipadá v úvahu. Možností by ovšem mohla být kombinace mokřadu spoldrem. Just (2003) uvádí, že mokřad není v rozporu s vodohospodářskou funkcí poldru a současněji je povyšuje nad úroveň pouhého technického protipovodňového díla. Poldr tak může významně přispět ke zvýšení ekologické stability krajiny.

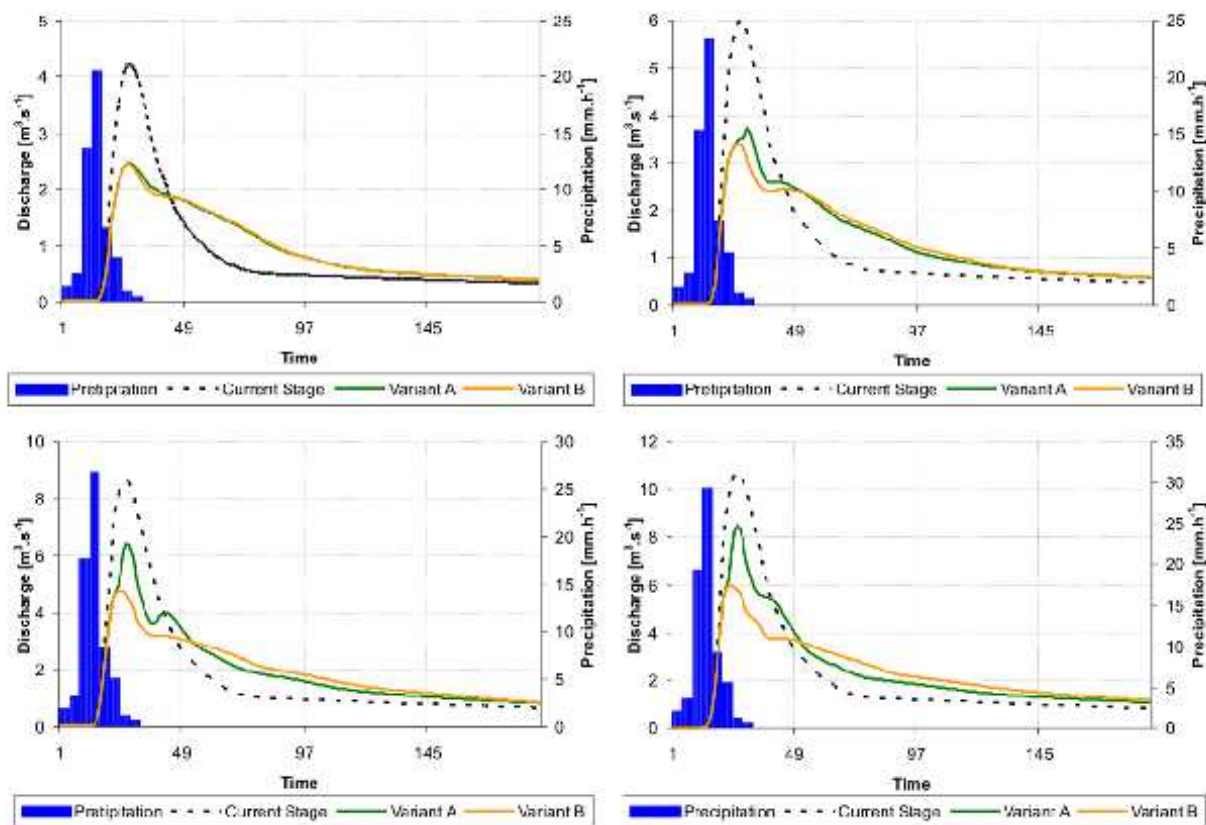
4.4.1.2. Případová studie

Extrémní odtokové události v posledních letech (zejména 1997, 2002, 2003, 2006 a 2009) vyvolaly naléhavou potřebu řešení širokého spektra otázek protipovodňové ochrany a problému sucha do budoucna. V popředí zájmu společnosti se objevuje nová strategie ochrany před těmito extrémními jevy zaměřená na postupné zvyšování retenční kapacity povodí (Kocum, Janský, 2009). Povodňová situace, extrémní sucha a očekávané důsledky fenoménu globálního oteplování, resp. klimatických změn, byly v evropských státech impulsem ke zpracování řady koncepčních dokumentů, které musí analyzovat příčiny i průběh povodní a navrhnout systémová opatření ke zlepšení úrovně povodňové ochrany a ochrany před nedostatkem vody. Prakticky stejný vývoj je možné sledovat i v České republice. Strategie ochrany před povodněmi na našem území, vydaná vládním usnesením č. 382 po ničivé povodni v roce 1997, již jasně hovoří o nutnosti zavedení opatření v krajině, která zvyšují přirozenou akumulaci a retenci vody v území. Strategie se přímo zabývá i využitím nádrží s retenčním účinkem a poldrů.

V současné době běží podobný projekt například v Bavorsku. Bavorská vláda na základě velkých povodňových katastrof posledních let vypracovala tzv. „Akční program 2020 pro oblast Dunaje a Mohanu“, ve kterém je retenci vody připisována obzvláštní důležitost. Tento program hovoří zejména o reaktivaci retenčních prostorů, které již v údolních nivách existují. Po čítání vybudování řízených retenčních prostor (poldrů) o celkové kapacitě více než 30 mil. m³ do konce roku 2020 (Ochrana před povodněmi v Bavorsku: poldry: data + fakta + cíle, 2006).

Je jasné, že projekty těchto rozměrů s sebou přinášejí značné komplikace. Kromě již zmiňované otázky bezpečnosti celého díla, je třeba vyřešit spolupráci majitele dotčeného pozemku a případnou náhradu škody způsobenou jeho zaplavením. V neposlední řadě je také třeba předem zvážit účinnost takových zařízení, s ohledem na velmi vysoké náklady na jejich realizaci a provést posouzení vlivu na životní prostředí (EIA). Efektivnost takových opatření při retenci vody lze simulovat aplikací vhodného systému hydrologických modelů. Situace v povodí horní Otavy konkrétně naráží na existenci Národního parku Šumava a tedy nejvyšší stupeň ochrany zdejšího prostředí. Obnova někdejších akumuláčních nádrží, popř. využití vhodných terénních sníženin nacházejících se v tomto území může do značné míry snížit finanční náročnost realizace (Janský, Kocum, 2007).

Jedním z projektů, který byl zaměřen na vliv integrované protipovodňové ochrany při extrémních hydrologických jevech, byl projekt Evropské unie INTERREG III A "DINGHO – Dezentraler, integrierter und grenzübergreifender Hochwasserschutz in den deutsch-tschechischen Einzugsgebieten der Kammlagen des Mittleren Erzgebirges". Tento projekt, na kterém spolupracovala Freie Universität Berlín a KFGGP ř FUK v Praze, skončil na konci roku 2008 a jeho součástí bylo i modelování vlivu malých vodních nádrží na vodní režim toků při povodňových situacích v povodí Chomutovky. Jeníček (2008) vytipoval vhodná místa v povodí Chomutovky pro realizaci opatření fungujících jako poldry. Objemy těchto teoretických nádrží byly vyměřeny a použity při modelování průchodu povodňové vlny v modelu HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modelling System). Výsledky jednoznačně prokázaly účinnost a použitelnost takových zařízení v integrované protipovodňové ochraně (Schulte et al., 2009a, 2009b). Následující grafy (viz obr. 37) dokumentují vliv systému malých vodních nádrží na odtokový proces při různých velikostech průběžné srážky (10, 20, 50 a 100-letý interval opakování). Ze všech uvedených grafů je zřejmé podstatné snížení kulminálního průtoku a zpomalení průběhu povodňové vlny. Je třeba ovšem znovu zmínit, že vzhledem k rozložení takových nádrží a jejich potenciálnímu objemu lze zřejmě říci pouze o řešení na lokální úrovni, nicméně o řešení, které mohou určitou měrou snížit možnou povodňovou škodu.



Obr.37: Modelovánílivumalýchvodníchnádržínaodtokový procesp řir ůznýchvelikostech přičinnésrážky (zdroj:Jení ček,2008)

Legenda: *Precipitation* – p řičinná srážka, *Current stage* – skute čný pr ůběh, *Variant A* – hypotetickýpr ůběhset řeminádržemiomaximálnívýšcehráze4m, *VariantB* -hypotetickýpr ůběhset řeminádržemiomaximálnívýšcehráze5m.

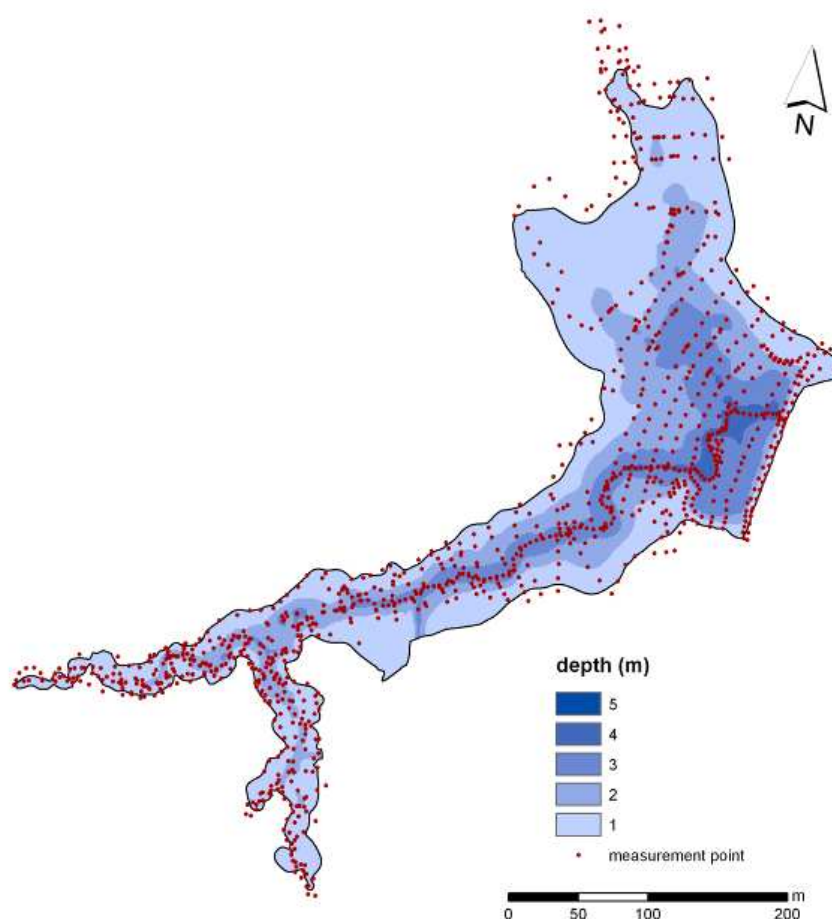
Vzájemném povodí horní Otavy se nachází celkem velké množství lokalit pro realizaci menších reten čních nádrží vzhledem k p říhodným geomorfologickým pom ěrům. Vpovodí Roklanského a Modravského potoka bylo krom ě r ůzných terénních depresí vytipováno nejmén ěosm potenciálních nádrží vmístech n ěkdejších klauz (viz obr. 35). Ze současného pr ůzkumu t ěchto lokalit lze již uvést n ěkteré díl čí výsledky, které nazna čují vhodnostapoužitelnost řeměnybývalýchakumulá čníchnádržívsuché(zelené)poldry.

Předsamotnýmmodelovánímkonkrétníchpovod ňovýchepizodazjišt ěnímú činnosti jednotlivých reten čních prostor, je pot řeba zjistit p ředpokládaný objem vody, který jsou schopnénádržezadržet.Vym ěřovánípotenciálníchreten čníchprostorjeprovád ěnopomocí automatické totální geodetické stanice Leica TCRP12 02 R1000. Data jsou posléze přenesenadoprost ředíArcGIS,kdejsoupomocívhodnýchinterpola čníchmetodyvkresleny batymetricképlánykonkrétníchnádržíavypo čtenyjejichmorfometrickécharakteristiky.Jako příklad jednoho zmožných opat ření lze prezentovat parametry Rokytecké nádrže vob lasti Rokyteckýchslatívhorní částipovodíRoklanskéhopotoka.

Geodetickou stanicí zde bylo ve dvou dnech zam ěřeno celkem 1118 bod ů (56 m²/bod; viz obr. 38). Vypo čtenéhodnotymaximálnípotencionálníplochy, resp. objemu činí 67796m², resp. 86391m³. Reálnéhodnoty (shladinoucca0,5m podkorunou hráze) se

samozřejmě pohybují na poněkud nižší úrovni (52229 m^2 , resp. 65878 m^3). I přesto lze však vyhodnotit získané údaje jako vysoce přesvědčivá z hlediska eventuálního množství zadržené vody (Kocum, Janský, 2009). Zesrovnáním s odhadovanými objemy dle Běla, Bartáka, Ettlera (2001) (viz tab. 11) je jasné zřetelné, že se jedná o nezanedbatelný objem, který byl v prvotním odhadu značně podceněn.

Problémem se v tomto případě stávají protichůdné názory správy Národního parku. Dno bývalé plavební nádrže je dnes z velké části silně zrašelinělé a vyvíjejí se zde společenstva přechodových a lučních rašelinářů spolu s vlhkými travnatými porosty. Obnovení nádrže by došlo k jejímu ohrožení. Buřkovský (2009) uvádí, že samotné mokřady v kombinaci s možností volného rozlivu v potůčcích mají nemalou retenční kapacitu, která je zároveň pro území přirozená. Budování technického díla vyžadujícího stavební práce, těžkou techniku a trvalou údržbu není z hlediska ochrany přírody a krajiny v území, ve kterém je jednoduše preferován samovolný a nerušený vývoj přírodních ekosystémů, žádoucí. Existence nádrže by navíc ve svém důsledku mohla vést k degradaci mokřadů v nížle pod nádrží, závislý ch např. rozšíření vodního režimu v nížle a jeho dynamice.



Obr.38: Batymetrická mapa Rokytecké klauzy vytvořená na základě terénních měření (zdroj: Kocum, Janský, 2009)

Výše je popsána jedna z možných lokalit pro realizaci citakových toopátření v zájmové oblasti. Vytvoření fungujícího systému v širším množství podobných retenčních nádrží nejen v této části zájmové oblasti by se velmi pravděpodobně dalo docílit nezanedbatelného vlivu na vyrovnaní odtokových extrémů, jako jsou povodně či sucha. Tato hypotéza ale musí být potvrzena řadou dalších terénních měření a následných analýz. Za účelem objektivního zhodnocení vhodnosti implementace těchto toopátření na území NP Šumava je nutné kromě modelování jejich potenciální efektivity vytvořit studii posuzující možné ekologické dopady jejich realizace na místní ekosystém.

4.4.2. Rašeliniště

Na úvod této kapitoly je třeba v krátkosti shrnout lidské působení na rašeliniště, které se ve větší míře začalo projevovat v podstatě až v 19. století. Hnacím silou k využívání rašeliny se staly rostoucí ceny dřeva a člověk byl nucen hledat náhradní zdroj paliva. Bufková, Spitzer (2008) uvádí, že nejvíce rašeliny v Šumavě žilo na konci 19. století. Rašelina se používala hlavně na topení v domácnostech, kvýrobě generátorovéhoplynu ve sklárnách nebo jako stelivo. Jen utnořící, že průmyslovatěžba rašeliny se zájmovému území naštěstí vyhnula. Rašelina byla těžena především ručně ve svrchních vrstvách bez dostatečného odvodnění. Rašeliniště nebylo potěžbě zarovnávané a nemohlo být tedy ani kultivováno. Díky tomu se mnohá ze šumavských rašelinišť poměrně dobře regenerují (Bufková, Spitzer, 2008).

Dalším velkým zásahem kromě prvotní těžby rašeliny, byla snaha o využití podmáčené půdy a zvýšení zemědělské produkce. Nastala éra velkoplošného odvodňování, které se nevyhnulo ani těmto relativně nepřístupným oblastem (viz kap. 4.4.2.2.).

S rozvojem poznání komplexních fyzickogeografických procesů a důležitosti ochrany životního prostředí nastala snaha o napravení předchozích zásahů a vznikly tak podmínky pro start různých revitalizačních programů, probíhajících v současné době (viz kap. 4.4.2.3.) Aby bylo možné zhodnotit dopady předchozích zásahů, určit jejich negativní a pozitivní účinky a navrhnout stanovit nejvhodnější budoucí postupy, je nutné nejprve správně analyzovat hydrologickou funkci rašelinišť. Současným stavem jejího poznání v rámci tuzemské i světové literatury se zabývá následující kapitola.

4.4.2.1. Hydrologická funkce rašelinišť

Vzhledem k existenci významného fenoménu rašelinišť v povodí horní Otavy a tématu práce je na úvod potřeba komplexně postihnout současné názory na jejich hydrologickou funkci. Tato otázka je proto z hlediska zhodnocení retenčního potenciálu území důležitá, i vzhledem k posouzení významu současně probíhajících opatření souvisejících s hrazením původních melioračních kanálů. Ovšem otázka vlivu rašelinišť na odtokový proces, především pak vlivu revitalizačních opatření rašeliništních lokalit na hydrologický režim toků, které je odvodňují, je poněkud problematická a není přímou řadou

tuzemských i zahraničních projektů a mnohé spory vedené v odborných kruzích doposud uspokojivě řešena (Janský, Kocum, 2008).

Názory odborníků na toto téma prošly v minulosti určitým vývojem. Původní názor, který zastával tzv. „houbovou teorii“, byl uznáván přibližně do 60. let 20. století. Tato teorie předpokládala, že rašeliniště zadržují vodu v povodních srážkách (povodňových prútocích) a naopak v období sucha prútoky nadlepšují, a podílejí se tak na vyrovnaní odtoku (Janský, Kocum 2007). Například v 19. a 20. století se objevil názor, podle kterého se vodní režim výrazně zlepšuje vlivem odvodnění a zkulturnění. Výsledky odborníků zastávajících tento názor prokazují, že toky odvodňující rašeliniště mají značnou rozkolísanost prútoků a význam rašelinišť z hlediska vyrovnavání odtokového režimu byl v minulosti přeceňován (Kocum, Janský, 2009). Podrobnou rešerši světové literatury reprezentující oba názorové póly provedl Holden et al. (2004). Otázkou hydrologické funkce rašelinišť v zájmovém území se již zabýval Ferda, Hladný, Bubeníčková, Pešek (1971). Cílem jejich výzkumu bylo posouzení vlivu horských rašelinišť v pramenné oblasti Otavy na hydrologický režim toků a kvalitu vody v plánované vodárenské nádrži v lokalitě Rejštejn. Autoři na základě svých výzkumů doporučují odvodnění a zkulturnění rašelinišť za účelem zlepšení jejich hydrologické funkce. Dle jejich názorů se díky snížení hladiny podzemní vody se zvýší mocnost povrchové retenční vrstvy rašeliniště, která je tak schopná zachytit větší podíl ze srážkového úhrnu a snížit tak kulminaci povodňové vlny.

V současné době je tato otázka řešena i odborníky z Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy a to přímo v území, které je předmětem zájmu této práce. Pramenná oblast Otavy poskytuje pro tento výzkum velmi dobré podmínky, proto ženabízípro srovnání množství dílčích povodí s rozdílným podílem zrašeliněných a rašeliništních prúdků. Na základě dosavadních výsledků z analýz odtokových režimů prováděných v povodích různých velikostních měřítek lze usoudit, že variabilita odtoku je vyšší v případě profilu uzavírajícího povodí s významným podílem zrašeliněných a rašeliništních prúdků než závěrového profilu povodí s minimálním stupněm zrašelinění. Na základě nejnovějších výzkumů v pramenné oblasti Otavy lze tedy konstatovat, že rašeliniště mají negativní vliv na odtokový proces. Ovlivnění hydrologického režimu výskytem rašelinišť je v výše zmíněném území v současné době studováno rovněž využitím geochemického a hydrochemického průřezu, s jehož pomocí by měl být potvrzena nebo vyvrácena výše zmíněná tvrzení (Kocum, Janský, 2009). Otázkou jejich hydrologické funkce v povodí horní Otavy tedy není ještě zcela objasněna.

4.4.2.2. Odvodnění rašelinišť

Odvodnění v centrální oblasti Šumavy probíhalo ve dvou etapách. Sprvní etapou začali již Schwarzenbergové přibližně před dvěma sty lety. Důvodem byla změna v lesním hospodaření, kdy zvýšená poptávka po smrkovém dřevu podnítila vznik smrkových monokultur. Prorychlejší úst smrkových porostů byly odvodněny nejen z mokřin, ale i rašelinišť. Tímto by v budoucnu přeměněn a produkční lesní plochy. Odvodněním této době podobu hydromelioračních povrchových rýh a kanálů, které odváděly vodu do nejbližších vodních toků. Rýhy a kanály často obsahovaly nastavitelné hrázky s cílem zadržet vodu v období sucha (Hais, 2004).

Druhá fáze odvodnění ripadána období přibližně od 50. do konce 80. let 20. století, ovšem hlavní odvodňovací vlna postihla rašeliniště až v 70. a 80. letech 20. století v souvislosti s intenzifikací výroby v zemědělství a lesním hospodářství. Odvodnění z té doby je obvykle velmi důkladné – na zemědělské půdě je často vedeno pod povrchem, v podměch čených lesích byly hluboké rýhy vystřelovány pomocí výbušnin (Bufková, Spitzer, 2008). Existující síť kanálů a rýh byla pomocí mechanizace prohlubována, například řimována a často doplněna novými rýhami a svodními pery. Stejně úpravy často postihly i menší vodní toky (např. Roklanský potok) (Hais, 2004).

Odvodnění obecně snižuje hladinu podzemní vody a zvyšuje a urychluje její úměrný minimální odtok z území. Důsledkem je vyšší předpoklad rozkolísanosti průtoků a zvýšené riziko výskytu povodňových vln. Snižování hladiny podzemní vody v půdním profilu vede k urychlení rozkladu organické hmoty, k vyplavování živin ze ekosystému a nárůstu půdní kyselosti. Pokles hladiny podzemní vody v rašeliništích způsobuje provzdušnění a rozklad rašelin v působení mikrobů. Rozkladem rašelin se uvolňují živiny, které spolu se sníženou hladinou vody umožní zarůstání rašelinišť konkurenčně zdatnými druhy rostlin a dřevinami. Seznamem o prostředímizivácne a ohroženém druhu a společenstvu (Bufková, Spitzer, 2008). Hais (2004) dále uvádí, že odvodnění také negativně působí na urychlení eroze. Zejména v rašeliništích, kde hydromeliorační rýhy mohou způsobit odkrytí a následnou degradaci rašelinového půdního horizontu, může tento proces probíhat velmi rychle.

Odvodnění jako takové ovšem má i další negativní důsledky. Výzkumem vlivu hydromelioračních odvodňovacích úprav na mikroklimatické podmínky lesních porostů na Šumavě se zabýval například Brom, Hais a kol. (2006). Výsledky jejich práce prokázaly, že na odvodněném území dochází mnohem většímu kolísání teplot během dne a zároveň takové území vykazuje vyšší hodnoty teplot krajinného horkytu.

4.4.2.3. Revitalizace rašelinišť

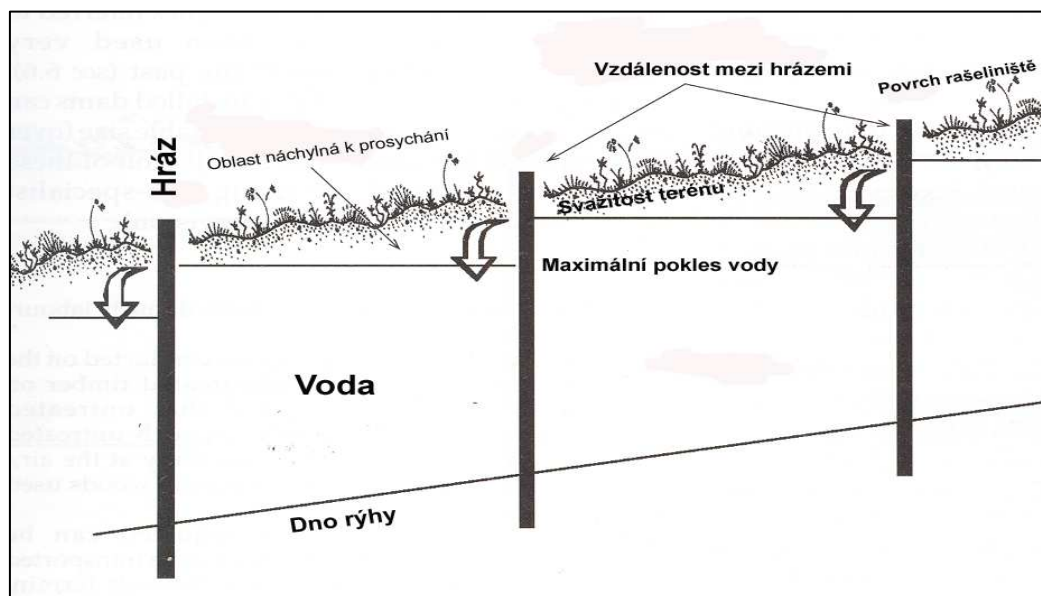
V posledních desetiletích sílí snahy napravit škody způsobené někdejšími neuváženými zásahy do vodního režimu krajiny a zastavit tak probíhající degradační změny (Bufková, Spitzer, 2008).

Na území NP Šumava byl proto již v roce 1999 zahájen komplexní Program revitalizace šumavských mokřadů a rašelinišť, jehož hlavním cílem je záchrana cenných mokřadů, obnova přirozených hydrologických poměrů na narušených lokalitách a celkové zvýšení retence vody v krajině. V rámci programu jsou přehrazovány nevhodné drenážní systémy pevnými dřevěnými hrází. Cílem je zvýšit hladinu podzemní vody, zmírnit její kolísání v průběhu sezóny, podpořit



Obr.39 : Pohled na umístění hrází (slna) na Roklanském potoce
(zdroj: Portál správy NP a CHKO Šumava)

zadržení vody v průběhu sucha a zpomalit odtok vody z lokality, který je v důsledku odvodnění nepřírodně zvýšen (Bufková, 2009). Metoda pruhovaných hrází vychází z postupů, které se osvědčily na řadě míst v Evropě.



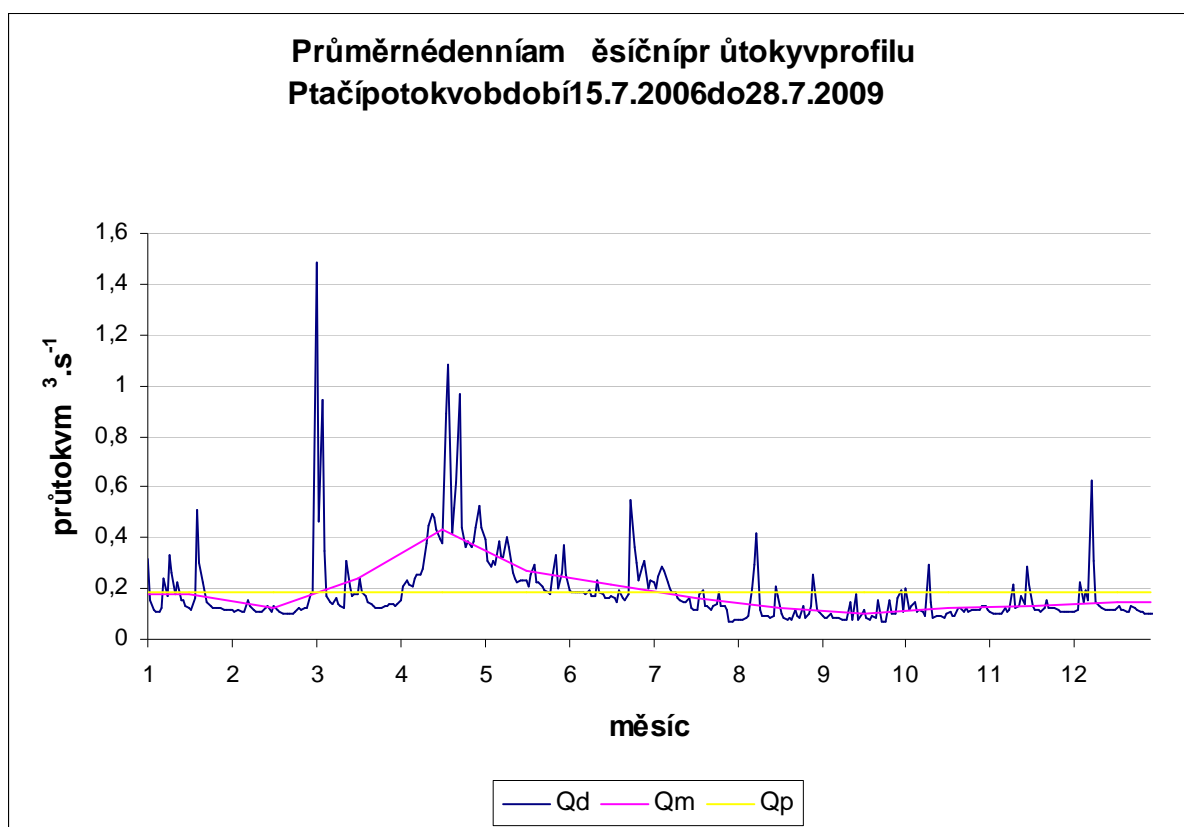
Obr.40: Schéma pruhovaného drenážního systému s pevnými dřevěnými hrázemi
(zdroj: Portál Správy NP a CHKO Šumava)

4.4.2.4. Případová studie

Dobrý příklad vlivu již aplikovaných revitalizačních opatření lze ukázat na změnách odtokových poměrů v experimentálních povodích nacházejících se ve studované oblasti. Díky kvalitním hydrologickým údajům z kontinuálních měření automatickými hladinoměry lze sestavit sice relativně krátké, ale zato velmi přesné grafy průměrných denních průtoků, v jejichž povodí došlo a nebo stále dochází k aplikaci revitalizačních opatření, konkrétně k pruhování stávajících drenážních rýh systémem pevných dřevěných hrází podle výše uvedeného popisu. Pro porovnání byl v tomto případě vybrán profil na Ptáčím potoce, který byl nainstalován ještě před začátkem revitalizačního programu v této oblasti a je tedy možné z vývoje průtoků denních průtoků vyvodit trendy související se změnou odtokových poměrů v jeho povodí. Dostupná datová řada od 15.7.2006 do 28.7.2009 však není zcela kontinuální, z důvodu poruchy hladinoměru za řízení došlo k poměrně dlouhému výpadku v období od 15.5.2007 do 24.9.2007. V povodí Ptáčího potoka revitalizační opatření probíhají od léta 2007 a dokončeny jsou zatím ze dvou třetin. Vzhledem k náročnosti provedení v nepřístupných polohách národního parku je jasné, že se jedná o postupný proces.

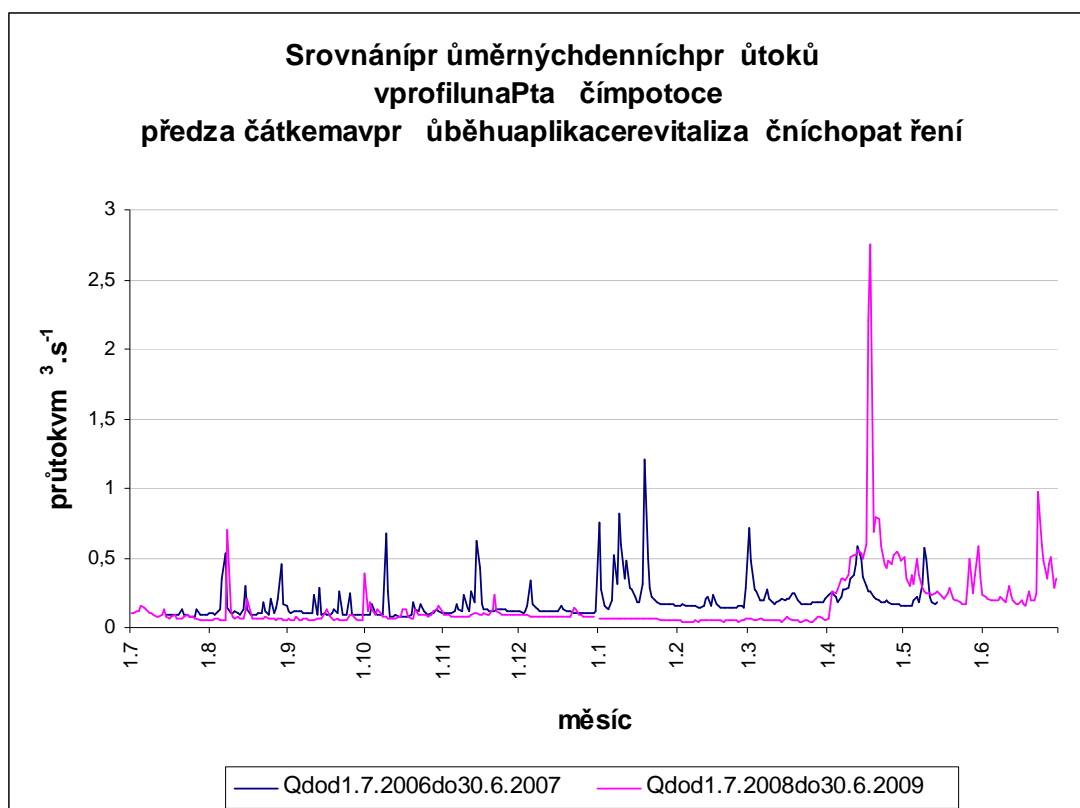
Nejprve je pro základní představu o odtokovém režimu Ptačího potoka uveden graf průměrných denních a měsíčních průtoků v profilu Ptačího potoka za celou dobu probíhajícího monitoringu průtoků (obr. 41). Zajímavým poznatkem z průběhu tohoto grafu je v posledních třech letech dočasně navýšení odtoku na počátku měsíce března způsobené pravděpodobně koncentrací výskytu zvýšené teploty vzduchu a následných obilí v povodí.

Pro vyhodnocení změny vodtokového režimu byla vybrána dvě srovnatelná roční období, jednorázové zahájení revitalizačního programu a druhé co nejblíže současnosti, kdy je revitalizace z větší části dokončena. Zdůvodu již zmíněného výpadku v měření, bylo nutné vybrat netypicky řadu počinající červencem. Pro obě období byl vytvořen graf průměrných denních průtoků (obr. 42), měsíčních průtoků (obr. 43) a spočteny základní statistické míry variability (viz tab. 12).

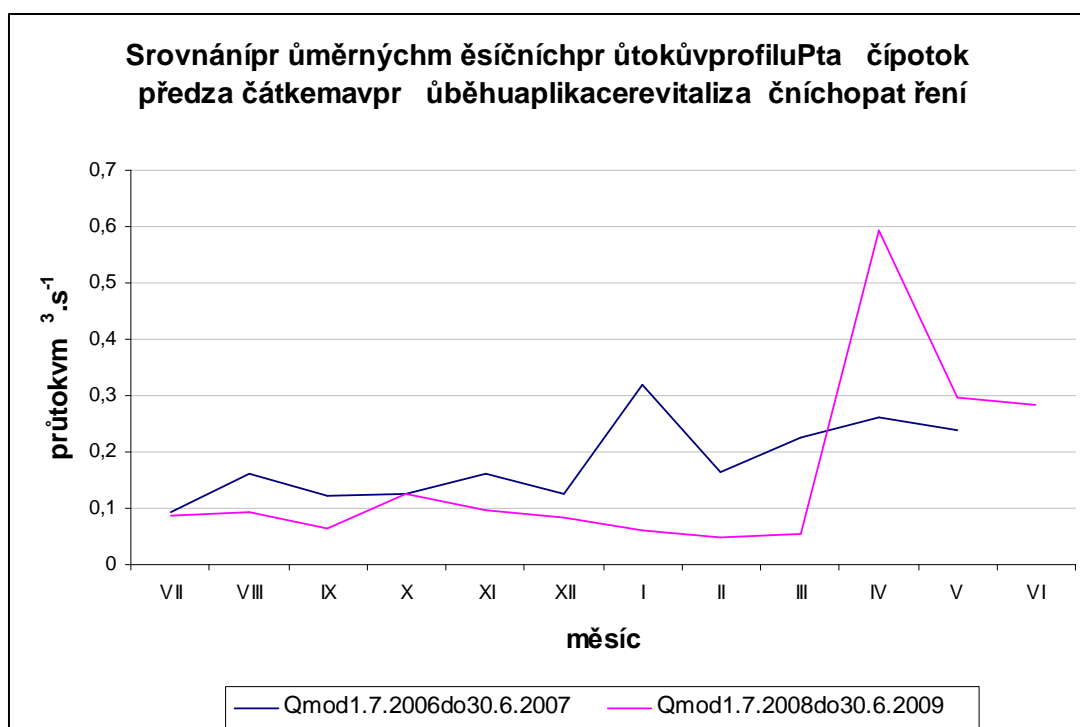


Obr. 41: Průměrné denní a měsíční průtoky v profilu Ptačího potoka v období od 15.7.2006 do 28.7.2009.

(zdroj: hydrologická data P řfUK, upraveno)



Obr.42: Průměrných denních průtoků v profilu Ptačím potoce před a během aplikace revitalizačního programu
(zdroj: hydrologická data P řFUK, upraveno)



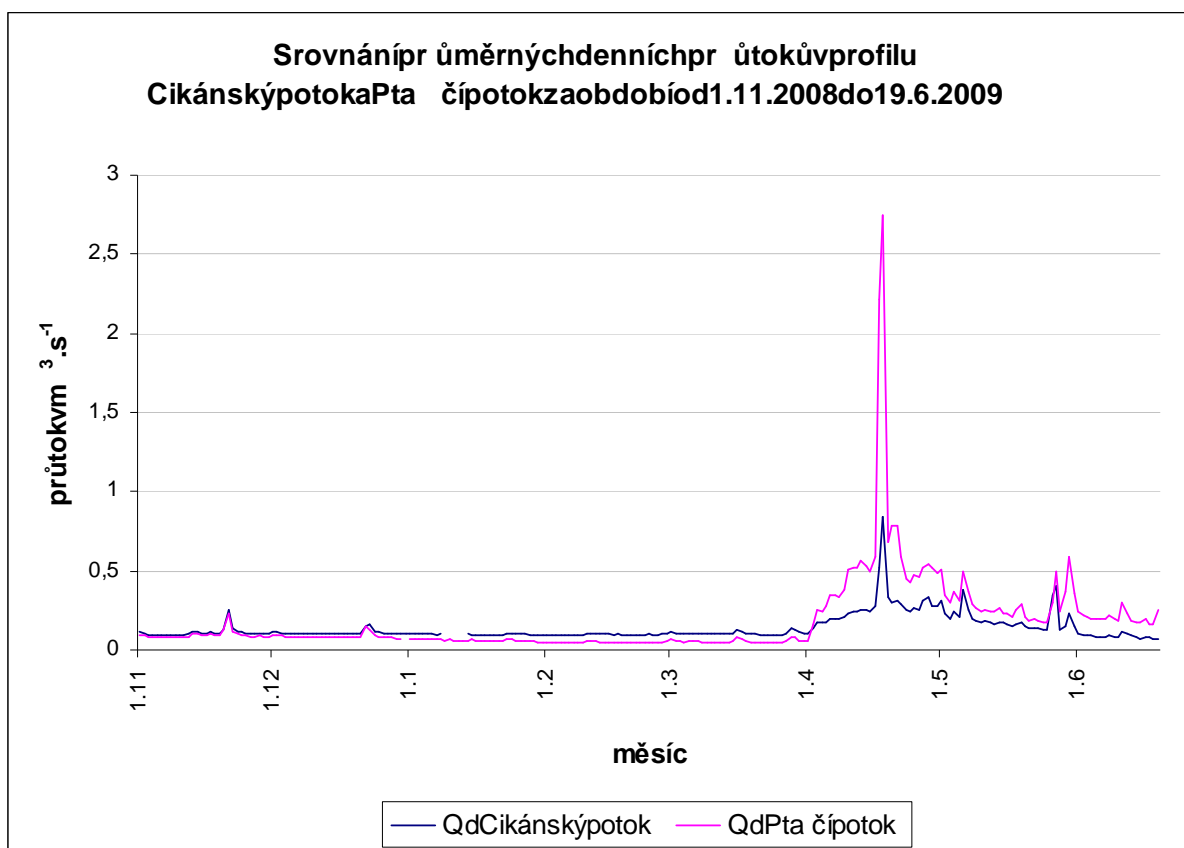
Obr.43: Průměrných měsíčních průtoků v profilu Ptačím potoce před a během aplikace revitalizačního programu
(zdroj: hydrologická data P řFUK, upraveno)

Tab.12: Srovnání míry variability na Ptačí potoce před a po zahájení revitalizačních opatření
(zdroj: hydrologická data PŘFUK, výpočet autora)

| | Variační koeficient- C_v | Koeficient- K_R | Variační koeficient- C_m |
|--------------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|
| Období | | | |
| 1.7.2006–30.6.2007 | 0,719 | 3,58 | 0,368 |
| Období | | | |
| 1.7.2008–30.6.2009 | 1,462 | 8,91 | 0,989 |

Přivizuálním hodnocením grafů na obr. 42 a 43, jen první pohled jasný zásadní rozdíl mezi průběhem odtokového režimu v obou sledovaných obdobích. V prvním období před zahájením revitalizačních opatření na Ptačím potoce poměrně rozkolísaný režim, ovšem maxima hodnot průtoků nedosahovaly výrazných extrémů, a to ani v době jarního tání sněhu. Ve druhém sledovaném období v povodí Ptačího potoka již téměř rok probíhali revitalizační úpravy. Přestože ještě nebyly dokončeny, je již na průběhu průměrných denních průtoků znát tendence k vyrovnávání odtokové křivky. Z grafu je rovněž patrné, že toto vyrovnávání se projevuje pouze do určité úrovně retenční schopnosti provedených úprav. Pokud je tato úroveň překročena, objevují se naopak velmi výrazné extrémy. Tento fakt se projevuje i na hodnotách číselného vyjádření míry variability. Ve druhém sledovaném období je zaznamenán velký nárůst variability, právě díky výskytu již zmíněných extrémních hodnot průtoků. Odtok z tajícího sněhu v měsíci dubnu tohoto roku byl oproti ostatním letům extrémně zdůvodněn velmi značnými zásobami sněhu, které se v povodí v průběhu zimního období postupně akumulovaly. Otázkou proto zůstává reprezentativnost vyvozených závěrů na základě ročního pozorování.

Aby bylo možné vyhodnotit i odtokový režim toku v jehož povodí probíhala revitalizační opatření kompletně, bylo provedeno srovnání hydrologického režimu Ptačího potoka s tokem Cikánským, na jehož toku byl hladinový měřič nainstalován až po dokončení revitalizačního procesu, který probíhal v letech 2004–2006. Monitoring průtoků probíhá od 1.11.2008. Porovnání odtokového režimu obou toků názorně je na obr. 44. V tomto případě lze pouze usuzovat na kladný vliv revitalizačních opatření, která napomáhají vyrovnávání odtokového režimu.



Obr.44: Srovnánípr ůměrných denníchpr ůtokův profiluCikánskýaPta č ípotokza období od1.11.2008do19.6.2009
(zdroj:hydrologickádataP řFUK,upraveno)

4.4.3.Lesní porosty

Přes relativní zachovalost šumavských lesů nelze přehlížet jejich antropické narušení. Důsledkem cca 600 let trvajícího kolonizačního tlaku a stupňujícího se hospodářského využívání lesů došlo:

- výrazné snížení druhové intenzity lesů (smrk má téměř dvojnásobné zastoupení, podíl buk a kleslna čtvrtinu, podíl jedle a čtrnáctinu a klen a nacca jednu dvacetinu přirozeného zastoupení)
- narušení ekové a prostorové výstavby lesů (výrazné poklesy v ekové a prostorové diverzitě – vznik rozsáhlých stejnověkových monokultur smrků)
- odvodnění většiny mokřadů (viz kap. 4.4.2.2.)
- narušení genofundu dovozem nepůvodního osiva, zejména smrků (především na přelomu 19.-20. století)
- narušení porostů vlivem imisí a kyselých srážek (chronické pošouzení na asimilační aparát pšůdu) (Bláha et al., 2003).

4.4.3.1. Změna druhové skladby lesů

Za zdaleka největší hrozbu pro přirozenou lesní vegetaci Šumavy je považován smrk (Picea abies). Od počátku 19. století byl uměle zaváděn v podstatě do všech lesních typů v oblasti Šumavy, ve kterých se dřívě nevyskytoval, a v místech svého přirozeného výskytu byl jeho podíl nepřírozně zvýšen. Rozsáhlé plochy, kde dřívě vyskytovala přirozená nebo přirozeně blízká lesní vegetace, byly převedeny na monotónní smrkové plantáže, obhospodařované způsobem, jehož cílem byla pouze produkce dřeva (Buryová et al., 2001). Důvodů bylo mnoho. Smrkové dřevě je lehké a pružné. Hodí se nejlépe k účelům stavebním, k řemeslnému i průmyslovému zpracování všeho druhu, od tradiční výroby rezonančních štěrpin až po výrobu celulózky ve 20. století. Vedle toho má však smrk i velké nevýhody: málo zakořenění (pro které trpí starší porosty většinou vývraty následným napadením kůrovcem (viz kap. 4.4.3.2.) a časté napadení hnilobami, které ho opožděně činí náchylnějším k vývratům. Tyto nevýhody se projevují až u porostů vyššího stáří, obvykle 80-100 let (Andreska, 2003).

Povodí Vydry patří k nejzachovalejším částem Šumavy. Pro tuto oblast je charakteristické dominantní zalesnění a v charakteru vegetace přirozeně převažuje smrk. Kromě ploch postižených kůrovcovou kalamitou (viz níže) zde nedošlo k významným změnám v využití ploch.

4.4.3.2. Zdravotní stav lesů

Zhruba od poloviny 18. století probíhal na území dnešního NP Šumava exploatační těžba dřeva (viz. kap. 4.4.4.1.). Historickým mezníkem části šumavských lesů ovšem stala rozsáhlá vlnitá kalamita v noci z 26. na 27. října 1870. Nejvyšší koncentrace polomových ploch vznikly právě tam, kde o necelé století dříve holose či likvidovaly rozsáhlé plochy pralesů kvůli naplňování kvót plavebního dříví. V těchto polomech se rozsáhle rozvinula kůrovcová kalamita, která postihla nejen ostatní uměle založené smrkové monokultury, ale i část zbývajících pralesů Šumavy. Přípoky se chojely i likvidací došlo k rozsáhlému odlesnění.

Další vlnitá polomový řišly v letech 1983-1984, následovala asana celami v letech 1988-1989, po níž vznikaly další velkoplošné holiny. V prosinci 1989 byla vyhlášena Státní přírodní rezervace Modravské slatě (cca 1300 ha) za účelem ochrany postiženého území. Tato oblast se stala bez zásahovou oblastí a její další vývoj byl ponechán přirozené sukcesi, která se v budoucnu ukázala jako mnohem účinnější při obnově lesních porostů než asanační opatření a následná výsadba stejnověkové populace smrku náchylné k velkoplošnému rozpadu. Přirozená sukcese totiž vede ke vzniku věkově diferencovaného porostu. Tlející klády jsou zdrojem živin pro tisíce druhů užně velkých a různě starých stromků, které přežívají téměř výhradně na vyvýšeninách jako jsou ležící kmeny a paty stojících stromů, kde jsou chráněny před dlouho ležícím sněhem a konkurencí bylinné vegetace (Jonášová, 2008).

Skuhravý (2002) uvádí, že první vlnitá ohniška napadení smrků lýkožroutem na české straně Šumavy byla zaznamenána leteckým snímkováním v roce 1992.

Zvrat ve vývoji kalamity však znamenaly další vlnitá polomy v roce 1993. Při masivních zásahy, spojené se vznikem holinovým věkem mnoha hektarů, docházelo paradoxně k nárůstu četnosti kůrovce.

Je nutné si uvědomit, že plošná asana dřevin napadených kůrovcem jde v rukou vruce s rozvrtem lesních porostů působením vlnitá. Naprostá část polomů byla způsobena právě otevíráním porostních stěn.

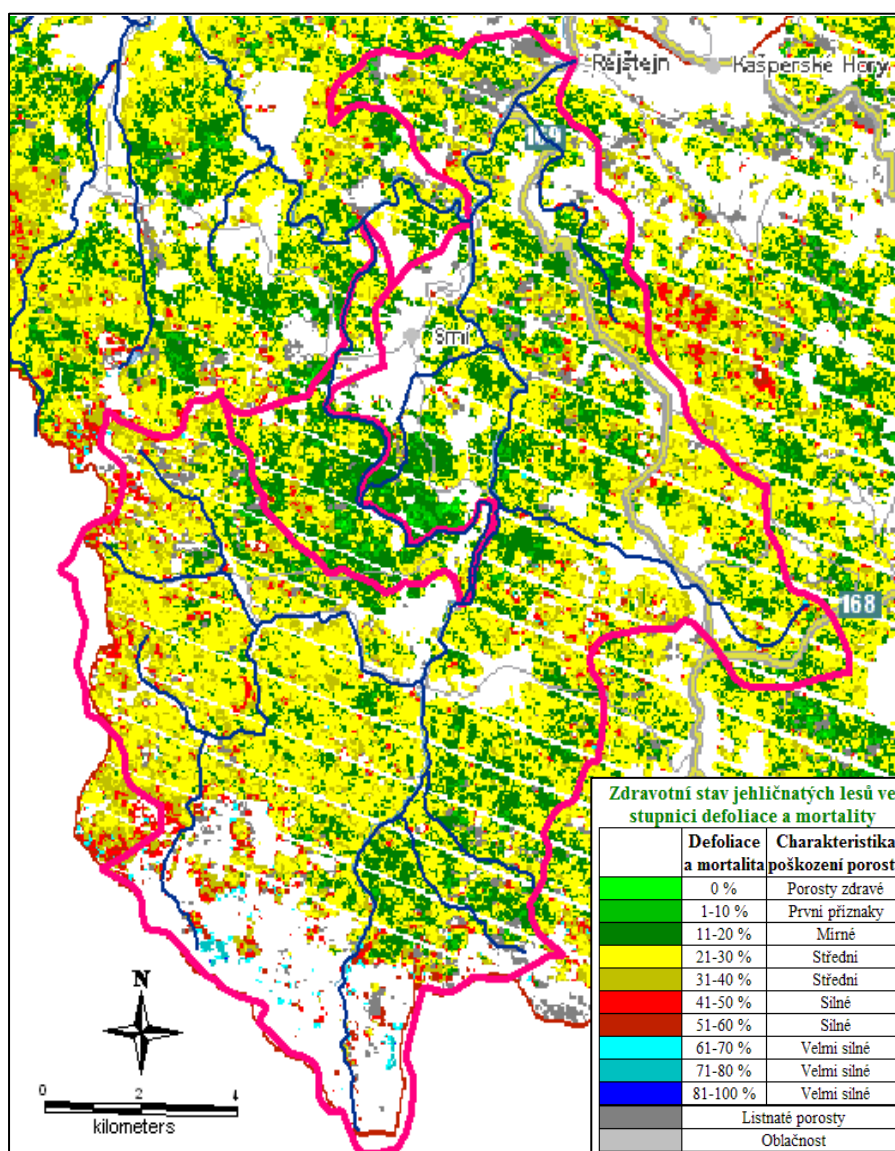
K výrazné akceleraci napadení kůrovcem došlo v letech 1995 a 1996. V roce 1995 byla správou NP Šumava vyhlášena a v roce 1997 rozšířena bez zásahová zóna na jich od silnice mezi Roklanskou hájenkou a Břežníkem o celkové rozloze 1450 ha. Maxima napadení bylo dosaženo roku 1996, kdy se napadení rozšířilo na 80% celkové plochy této zóny. Vlnitá této zóny přejala správa NP Šumava opatření sanace dřevní hmoty za účelem zastavení dalšího postupu kůrovce. Zde je 10% sanovaných stromů odkorněno a ponecháno na místě. Na vzniklých holinách se v rozsáhlé míře od roku 1996 zalesňuje a kromě smrku se zde vysazují i příměsné dřeviny: jeřáb, buk, jedle a klen. Území postižené kalamitním přemnožením lýkožrouta smrkového okolí Břežníku je na východě ohraničeno Velkou a Malou Mokrůvkou, na západě zasahuje až k Roklanu. Severní hranici tvoří přibližně linie Medvědí-Studená hora a na jihu je oblast vymezena státní hranicí smírným přerušem do Německa. Hydrologicky spadá oblast do subpovodí Roklanského a Modravského potoka (96 km²) (Hais, 2008).

K novým rozsáhlým polomům došlo v říjnu a listopadu 1998, další stromy padly během zimy a znovu na podzim 1999. Nejvíce byly postiženy oblasti holose či s odkrytými porostními stěnami.

K roku 2000 p řipadal celková plocha odlesněnívlivem lýkožrouta smrkového (včetně asanovaných smrčín) na 2600 ha. Zatím poslední velké polomy nastaly p ři orkánu Kyrill v noci z 18. na 19. ledna 2007 a orkánu Emma 2.-3. března 2008.

Přestože v současné době k úrovňové situaci v NP Šumava není znepokojivá a je celkem stabilizovaná, jedná se o více než 6000 ha rozpadlých smrčín a holých sečí. Takto rozsáhlá změna území celou řadu důsledků pro změnu místního klimatu, srážkově-odtokový režim, erozi půdy, degradaci biodiverzity apod. (Hais, 2008). I proto je ovlivnění odtokového režimu zdravotním stavem lesa významným územním faktorem.

Zdravotní stav lesů v území studovaném územím je zobrazen a dokumentován následující mapou.



Obr.45: Zdravotní stav jehličnatých lesů v území povodí (hranice povodí význačená červeně)
(zdroj: Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, upraveno)

4.4.3.3. Případová studie

Využití území je jedním ze zásadních faktorů ovlivňujících odtokové poměry v lokálním, regionálním i globálním měřítku.

Jednou z významných změn krajinného krytu je odlesnění. Vliv odlesnění na odtokové poměry na Šumavě zkoumal například Křovák (2004). Jeho výzkum se zaměřil na srovnání hydrologických funkcí tří rozdílných typů lesního ekosystému (les zdravý, les odumřelý suchý stojící (mrtvý les), les pokácený (paseka)). Výzkum probíhal na třech povodích, která byla vybírána tak, aby jejich základní fyzickogeografické charakteristiky byly co nejpodobnější, avšak s rozdílným pokryvem. Všechna tři experimentální povodí se nacházejí v blízkosti Modavy.

Dosavadní výsledky jeho studie zatím potvrzují nenašeditelnou vodohospodářskou funkci lesa resp. vitálního lesního porostu a jeho vliv především na vyrovnanost odtokových poměrů. Obecně lze říci, že vyšší a méně vyrovnaný průtok se objevuje v odlesněných a zemědělsky obhospodávaných oblastech (Föhre et al., 2001; Klöcking, Haberlant, 2002).

Křovák (2004) dále potvrzuje fakt, že ochranná funkce lesů má své přírodní meze. Lesní půda je schopná zadržet 30 až 50 mm srážkového úhrnu. Při denních hodnotách vyšších nebo opakovaných deštích v krátkém časovém intervalu již vzniknou škodlivé povodně bez ohledu na lesnatost povodí nebo jeho druhovou skladbu.

Odlesnění může odtokové poměry ovlivňovat přímo a nepřímo. Přířímým vlivem je snižování retenční schopnosti krajiny. Nepřířímý vliv se projevuje především odstranění vegetačního krytu, kdy může docházet na takových plochách během letních, slunečných dnů k přehřívání povrchů. Přehřívání povrchů krajiny může vést k následkům, které mají vliv na hydrologický cyklus. Při bezvětřném počasí tak dochází ke značnému ohřívání vzduchu, který je schopen pojmout větší objem vody v podobě páry. Při náhlém ochlazení může dojít k lokálnímu maximu srážek v podobě příchových dešťů se všemi negativními důsledky v četně povodní (Hais, 2008).

Pro názorné porovnání odtokových režimů toků odvodňujících oblasti s odlišnou mírou zalesnění a zdravotním stavem porostu byla vybrána dvě experimentální povodí nacházející se v sledovaném území – povodí Břežnického a Ptáčického potoka (viz obr. 46).



Obr. 46: Poloha experimentálních povodí Březnického a Ptačího potoka vrámci sledovaného území (zdroj: datové vrstvy VÚV, upraveno)

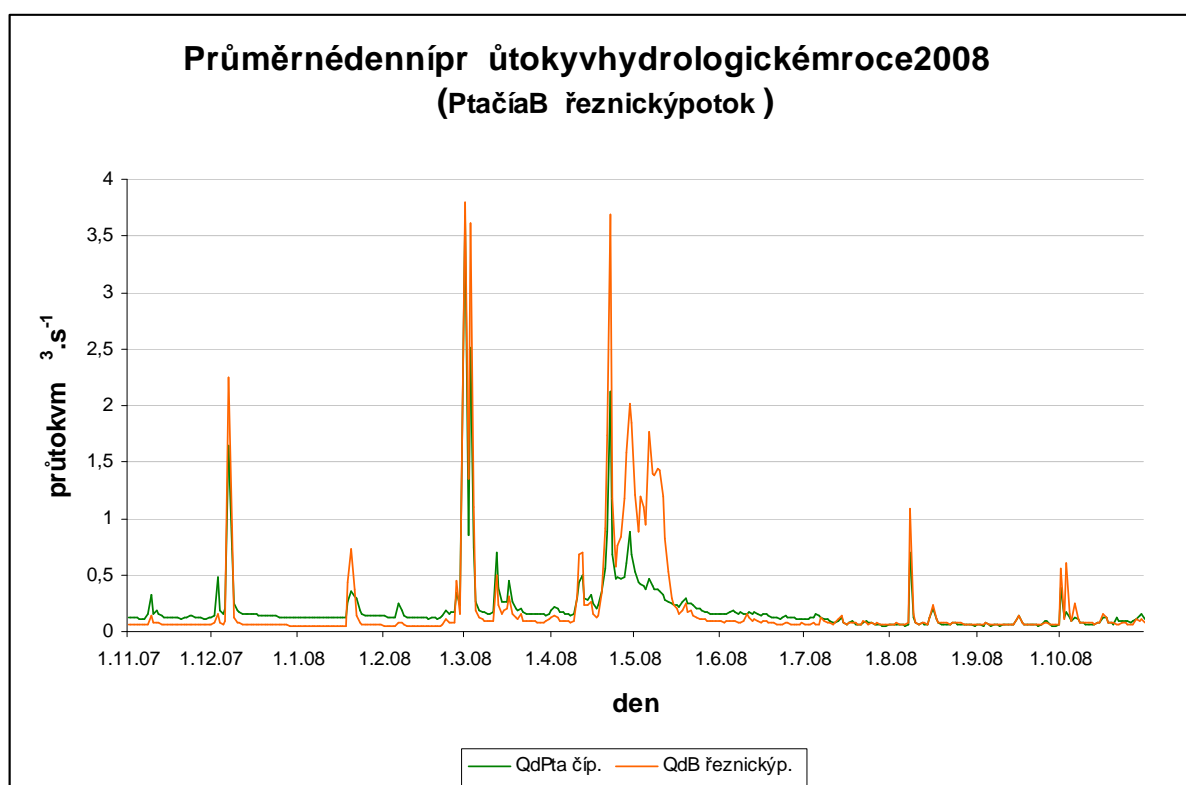
Rozloha i fyzicko-geografické charakteristiky obou experimentálních povodí jsou srovnatelné (viz tab. 13), výrazně se od sebe liší pouze vegetačním pokryvem. Zatímco Ptačí potok představuje relativně nedotčené území s podílem lesů přesahujícím 40%, povodí Březnického potoka je naopak extrémně postiženo kůrovcovou kalamitou a polomy. Podíl lesů v povodí nedosahuje ani 5%. Na těchto dvou tocích jsou k dispozici hydrologická data získaná z automatických ultrazvukových a tlakových hladinoměrů s datalogery pro kontinuální sledování výšky hladiny. Na Ptačím potoce probíhá kontinuální měření od roku 2006, na Březnickém od roku 2007. Aby bylo možné oba toky srovnat, bylo vybráno období ve kterém byly oba toky sledovány současně, tj. hydrologický rok 2008. V souladu s výše uvedenými vlivy krajinného pokryvu na odtokový režim, byla mezi oběma toky porovnávána variabilita pomocí statistických metod (viz tab. 15). Uposuzování výsledků je nutno vzít na zřetel velmi krátké období za něž byly oba toky hodnoceny. Podle jednoho hydrologického roku nelze určit obecně platný trend. Delší časové řady bohužel v tomto území zatím nejsou k dispozici a získávání dalších hydrologických dat je a bude součástí dalších aktivit PŘF UK na území NPŠ. Výsledky jsou zatím pouze informativní, nicméně potvrzují dosavadní názory odborníků o negativním vlivu odlesnění na odtokový proces. Variabilita je totiž podle všech spočtených ukazatelů jednoznačně vyšší v případě Březnického potoka v profilu nad soutokem s potokem Lúzenským.

Tab. 13: Základní charakteristiky porovnávaných povodí (Ptačí a Břežnický potok)
(zdroj: datové vrstvy VÚV, DMÚ – 25, CORINE Land Cover 2006 (Portál veřejné správy České republiky), upraveno)

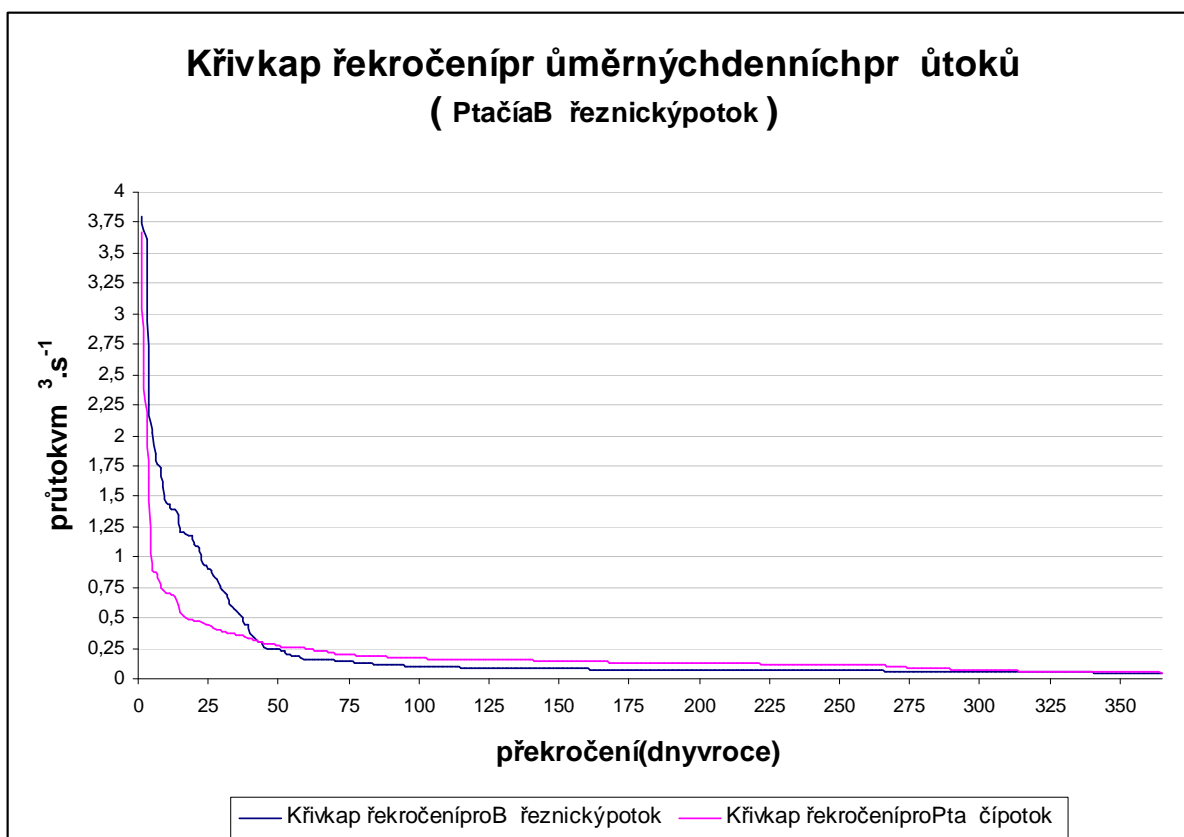
| | Rozloha povodí [km ²] | Délka toku [km] | Nejvyšší kóta povodí [mn.m.] | Nejnižší kóta povodí [mn.m.] | Střední sklon povodí [‰] | Lesnatost [%] | Podíl rašelinišť [%] |
|-------------|-----------------------------------|-----------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------|----------------------|
| Ptačip. | 4,070 | 2,143 | 1330 | 1125 | 101,62 | 40,2 | 12,0 |
| Břežnickýp. | 3,415 | 2,497 | 1370 | 1135 | 127,16 | 4,4 | 14,9 |

Na grafu průměrných denních průtoků v obou profilech v hydrologickém roce 2008 (obr.47) je vidět, že v období sucha jsou průtoky v Břežnickém potoce výrazně nižší než v Ptačím potoce. Naproti tomu v období jarního tání sněhu (březen-květen) nebo při srážkách (srpen) dosahuje Břežnický potok výrazně vyšších kulminačních průtoků. To svědčí o větší rozkolísanosti jeho tokového režimu.

Graf průměrných denních průtoků doprovází srovnání křivek pro oba profily (na obr.48) absolutních hodnot průměrných průtoků (viz tab.14)



Obr.47: Průměrné denní průtoky Ptačího a Břežnického potoka v hydrologickém roce 2008
(zdroj: hydrologická data PŘFUK, upraveno)



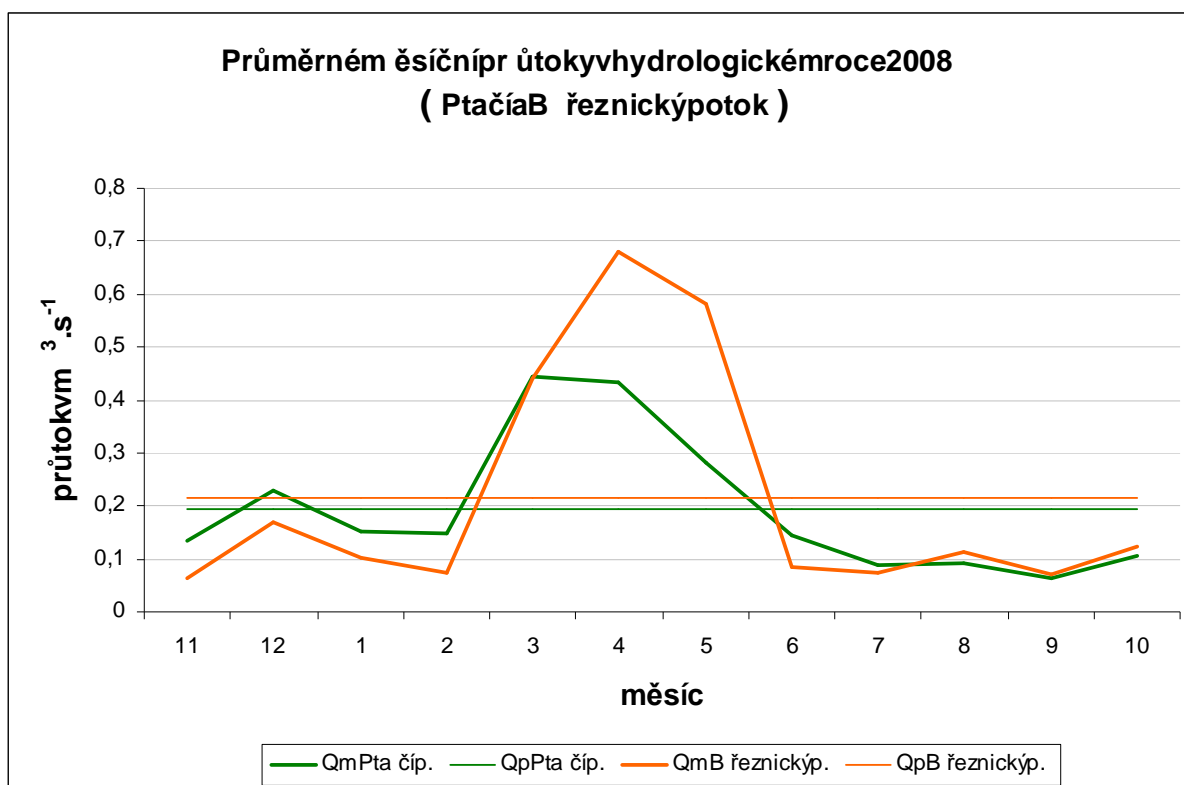
Obr.48: Křivka překročení průměrných denních průtoků v hydrologickém roce 2008 (Ptáčův řeznický potok)
(zdroj: hydrologická data P řFUK, upraveno)

Tab.14: Srovnání průměrných denních průtoků pro Ptáčův řeznický potok
(zdroj: hydrologická data P řFUK, upraveno)

| <i>mdenníQ</i> | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 | 300 | 330 | 355 | | 364 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ptačíp. | 0,389 | 0,246 | 0,177 | 0,157 | 0,144 | 0,131 | 0,124 | 0,119 | | 0,103 | 0,073 | 0,060 | 0,055 | 0,051 |
| Březnickýp. | 0,733 | 0,162 | 0,111 | 0,091 | 0,083 | 0,074 | 0,06 | 9 | 0,066 | 0,064 | 0,059 | 0,053 | 0,047 | 0,045 |

Graf průměrných měsíčních průtoků Ptáčův a Březnického potoka v hydrologickém roce 2008 (viz obr. 49) doplňuje již uvedený graf průměrných denních průtoků. I zde je zřejmá větší míra rozkolísanosti Březnického potoka při srovnatelném průměrném ročním průtoku obou toků. Rozdíly v rozkolísanosti se projevují zejména v první polovině kalendářního roku.

V tab.15 jsou vyjádřené hodnoty základních statistických měřiv variability pro oba toky. Vyšší hodnoty všech uvedených ukazatelů v případě Březnického potoka číselně dokladují výše odvozené závěry.



Obr.49: Pr ůměrném ěsíčnípr ůtokyvhidrologickémroce2008(Pta číaB řeznickýpotok), označeníQpvýjad řujepr ůměrnýpr ůtokvhidrologickémroce2008 (zdroj:hydrologickádataP řFUK,upraveno)

Tab.15: Srovnání míryvariabilityodtokovéhorežimuPta číhoaB řeznickéhopotoka (zdroj:hydrologickádataP řFUK,výpo čtyautora)

| | Decilováodchylka-D | Varia čníkoeficient-C _v | Koeficient-K _R | Varia čníkoeficient-C _m |
|-------------|--------------------|------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| Ptačíp. | 0,0329 | 1,485 | 6,379 | 0,641 |
| Březnickýp. | 0,068 | 2,138 | 9,857 | 0,977 |

4.4.4. Vodní energie

Vzhledem k faktu, že se ve studovaném území nachází technické vodní dílo, je třeba blíže zmínit jeho dopady na odtokový režim Vydry. Vodní elektrárna Vydra tvoří komplex technických zařízení umožňujících odběr a akumulaci vody z toku Vydry, celý systém je popsán níže. V případě odběru vody z vodního toku bývá nejvíce řešeným problémem dodržování tzv. minimálního zůstatkového průtoku (MZP) v úseku toku bezprostředně pod odběrným místem. Problematikou týkající se minimálních zůstatkových průtoků se zabývají kapitoly 4.4.4.3–4.4.4.6.

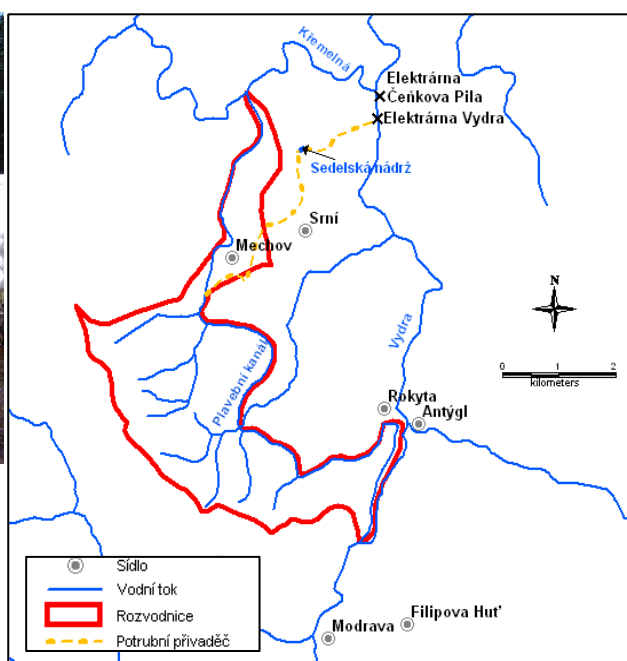
4.4.4.1. Vchynicko-tetovský plavební kanál

Asi nejmarkantnějším zásahem do hydrologického režimu Vydry byla výstavba Vchynicko-tetovského plavebního kanálu (1799-1801) a jeho pozdější využití v souvislosti s vodní elektrárnou Vydra umožňující nezanedbatelný odběr vody z toku. Za nejkritičtější místo z hlediska minimálních hodnot průtokových charakteristik lze zcela jistě považovat úsek toku Vydry pod odběrovým místem Rechle po přítoku Hamerského potoka a dále pak soutok Vydry a Křemelny. V tomto úseku je totiž díky odběru vody pro elektrárnu Vydra pravidelně dodržován pouze minimální zůstatkový průtok. Možným negativním dopadem na říční ekosystém souvisejícím se snížením průtoku v korytě se podrobněji v této kapitole 4.4.4.4. Pro lepší představu o situaci v hydrologickém systému Vydra – plavební kanál – Křemelná je uvedena schematická mapa (obr. 51).



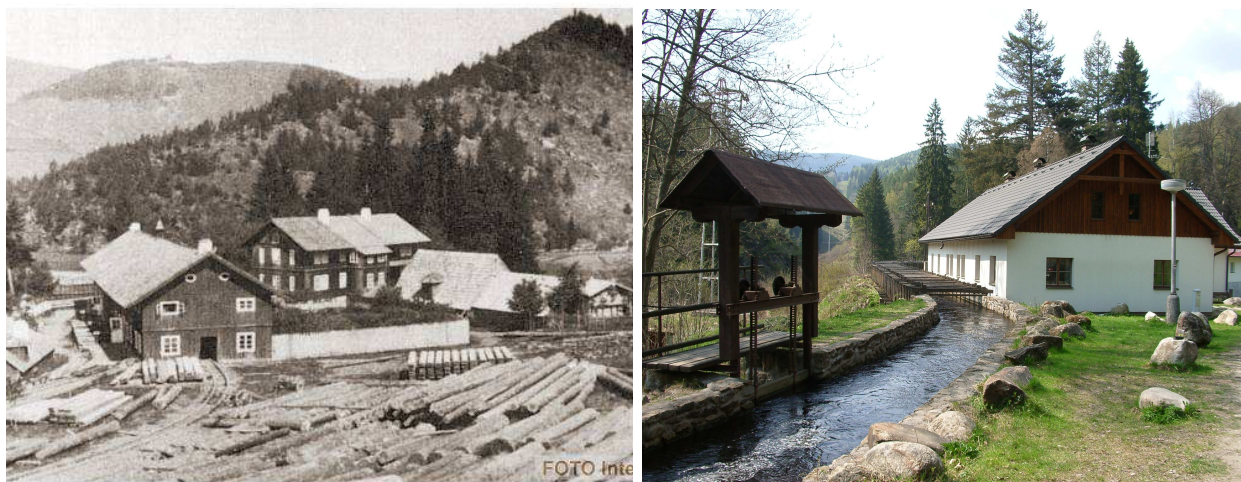
Obr.50: Vchynicko-tetovský kanál v úseku bezprostředně pod Rechlemi
(foto: autor)

Obr.51: Povodí Vchynicko-tetovského kanálu
(zdroj: datové vrstvy VÚV, upraveno)



4.4.4.2. Elektrárna Vydra Čeňkova Pila

Na obr. 51 je rovněž vyznačena i dodnes funkční vodní elektrárna Čeňkova Pila, který je jedinou národní technickou památkou. Elektrárna Čeňkova Pila je typickým příkladem toho, jak se vyvíjely antropogenní zásahy do vodních toků územních oblastí. Má svůj původ v roce 1908, kdy byla postavena vodní píle, která zpracovávala především dřevozeslné kalami (1863 a 1870), instalovaná na řivodní kolapropohodněva a dřevoobráběcí strojů. V roce 1912 byla pila z rozhodnutí města Kašperské Hory přestavěna na vodní elektrárnu. Původní roční výroba 500 MWh, která byla z číselného záznamu města Kašperské Hory elektrickou energií, klesla v roce 1948 na 90 kW. Dnešní vyrobená energie se přídává elektrárně Vydra (oficiální stránky elektrárny Čeňkova Pila).



Obr. 52: Čeňkova Pila v minulosti a dnes (zdroj: vlevo - oficiální stránky elektrárny Čeňkova Pila, vpravo - foto: Kocum)

Vchynicko-tetovský kanál byl vystavěn v letech 1799 až 1801 Ing. Josefem Rosenauerem, který byl také stavitelem kanálu Schwarzenberského. Jeho hlavním účelem bylo zprístupnit hluboké šumavské lesy a umožnit tak vytěžení velkých zásob dřeva. Vodní dílo bylo využíváno maximálním způsobem až do roku 1840, kdy se snížila poptávka po dřevě. Krátkodobé oživení nastalo v letech 1871–1876, kdy se splavovalod řiví povětrné následné úrovně kalami (Běl, Barták, Ettler, 2001). Dnes už se kanálud řiví splavuje pouze ukázkově jako atrakce pro turisty. Kanál má vsoučasné době jinou funkci. Slouží jako přivaděč vody pro elektrárnu Vydra, která byla postavena v roce 1939 Ing. Karlem Kosekem (v plném provozu v roce 1942). Z kanálu je využit úsek 9,5 km do hrádlového mostu Rechlepo Mechov. Odtud je voda vedena potrubím do akumuláční nádrže u bývalé obce Sedlo a z akumuláční nádrže opět potrubím až k dvěma Francisovým turbínám elektrárny (obr. 53) (Kysilka, Nykles, 2001). Odběr vody z řečiště Vydry probíhá denním cyklem podle stanovených pravidel manipulace na odběrném objektu při jezu Rechle s ohledem na stanovený minimální průtok ve Vydře pod jezem (viz kap. 4.4.4.6.). Odběr vody je shora omezen kapacitou náhonu $2,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Průtoky zvláštního povodí kanálu mohou zvýšit maximální průtok kanálem reálně v běžných podmínkách až na cca $3,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Průtok do

podjezí a koryta řeky Vydry mimo odběr se dále součtem průtoku rybím přechodem a přepadupřesjezovýprofilRechle. Maximální průtok vodpaduelektrárny, který je zaústěn do koryta Vydry je $3,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, reálně pak zpravidla nepřevyšuje $3,4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Špičkový provoz elektrárny arežim toku vody zpětdo Vydry ovlivňuje průtokový režim ve Vydře i Otavě.



Obr.53: Elektrárna Vydra – pohled zvenčí a zevnitř (foto: Kocum)

Vchynicko-tetovským kanálem, jeho historií, využitím a odtokovým režimem se již velmi detailně zabývala bakalářská práce Ševčíkové (2006).

4.4.4.3. Minimální zůstatkový průtok (MZP) a historie jeho určování

Jednou ze stěžejních částí práce je vyhodnocení minimálních průtoků v problematickém úseku Vydry mezi vyústěním Vchynicko-tetovského plavebního kanálu a ústím Hamerského potoka s ohledem na manipulaci řádelektrárny Vydrana Čeňkově Pile. Ten stanovuje minimální zůstatkový průtok v řece tak, aby nedocházelo ke ekologickému zatížení koryta toku, resp. jeho okolí.

Užívání povrchových a podzemních vod je upraveno zákonem č. 254/2001 Sb. (Zákon o vodách a změně některých zákonů neboli vodní zákon). Vodní zákon stanovuje určitá pravidla při využívání vodních zdrojů. Vodní zdroje nelze využívat úplně, protože v případě odběru veškeré vody se porušují jejich přirozené funkce. V důsledku toho dochází k destabilizaci ekologické rovnováhy a biologických poměrů v krajině. Ve vodních tocích se proto ponechává minimální zůstatkový průtok. Ten by měl umožňovat zachování normálního biologického života, a to i v přílehlé části krajinného prostředí, a v další trati dovolovat obecné využívání funkcí toku pro potřeby hygienické, estetické, rekreační, sportovní apod. (Hladný, 2006).

Ochranou množství vod se zabývá díl 4 zákona č. 254/2000 Sb., minimálním zůstatkovým průtokem pro útokem pak § 36 téhož zákona. Zákon definuje, co je to minimální zůstatkový průtok a kdo ho stanovuje:

(1) Minimálním zůstatkovým průtokem je průtok povrchových vod, který ještě umožňuje obecné nakládání s povrchovými vodami a ekologické funkce vodního toku.

(2) Minimální zůstatkový průtok stanoví vodoprávní úřad při udělení povolení k nakládání s vodami, kterým může být za následek snížení průtoku vodního toku. Vodoprávní úřad při tom vychází z plánů oblastí povodí, z metodického pokynu vydaného Ministerstvem životního prostředí a při řešení ke zjištění stavu povrchových a podzemních vod, zejména k výsledkům vodní bilance v daném povodí.

(3) Vodoprávní úřad může uložit vlastníkově vodního díla za účelem kontroly dodržování minimálního zůstatkového průtoku povinnost osadit na vodním díle čerpadlo nebo vodní značku a povinnost minimálního zůstatkového průtoku pravidelně měřit a podávat při příslušnému správci povodí zprávy o výsledcích měření.

Při stanovení mezních hodnot minimálních průtoků se vycházelo z postupů vypracovaných v rámci 2. vydání Směrného vodohospodářského plánu ČSR z roku 1976 - část 2, kapitola 11.4 - Minimální průtoky ve vodních tocích. Minimální průtoky byly stanoveny pouze na základě hydrologických charakteristik, určovaly jako průměry ze součtu hodnot průtoků Q355d a Q364d. Jejich hodnoty se pohybovaly zhruba v rozmezí 0,5-1,0 Q364d, přičemž ekologické, ale i další požadavky významně přispívaly k hodnocení jednotlivých lokalit nebyly při stanovení zohledněny (Bernardová, 1997). Tento postup již této době nevyhovuje především z ekologických hledisek a proto bylo nutné revidovat tehdejší postup stanovení minimálních zůstatkových průtoků zahrnutím těchto hledisek. Čím dál více se zdůrazňuje potřeba posouzení každého jednotlivého případu individuálně (Bernardová, 1995). Z tohoto důvodu bylo Ministerstvem životního prostředí (dále jen MŽP) iniciováno zpracování metodiky stanovení minimálních průtoků v tocích v ČR. Výsledkem řešení této úlohy jsou zpracované Zásady stanovení minimálních zůstatkových průtoků v tocích ČR (Bernardová, 1997). Tyto zásady byly uveřejněny v roce 1998 v Metodickém pokynu odboru ochrany vod MŽP ke stanovení hodnot minimálních zůstatkových průtoků ve vodních tocích, který vycházel z potřeby více zohlednit ekologická hlediska a ochranu ekosystémů vázaných na vodní tok, než bylo uplatňováno v dosavadním postupu zakotveném ve Směrném vodohospodářském plánu. Tento metodický pokyn vymezuje postup stanovení a způsob kontroly dodržování hodnot MŽP v profilech vodních toků ovlivňujících nakládání s vodami.

Dle současně platné legislativy, tedy zákona č. 254/2001 Sb. je minimální zůstatkový průtok stanoven vodoprávní úřad při udělení povolení k nakládání s vodami (§ 36, viz výše), který se řídí již zmíněným metodickým pokynem.

4.4.4.4. Minimální zůstatkový průtok malých vodních elektráren (MVE)

Malé vodní elektrárny musejí být provozovány na základě platného povolení k nakládání s vodami. Nutností je též existence schváleného manipulačního řádu, který je zpracován v souladu s povolením k nakládání s vodami a kterým se musí provoz MVE řídit. Z hlediska zachování funkce vodního toku vlivem úseku a z hlediska zachování podmínek pro život vodních a navodovaných organismů je podstatné úpravení minimálního zůstatkového průtoku ve vodním toku pod místem odbočení náhonu k MVE (Svejkovský, 2005).

Je nutné konstatovat, že většina realizovaných MVE využívá při zachování minimálního zůstatkového průtoku kromě období jarního tání sněhu či období zvýšených průtoků či povodňových situací prakticky veškerý průtok. Je tedy nutné si uvědomit, že při provozu MVE protéká korytem vodního toku v úseku mezi vtokem do náhonu a výústěním odpadního kanálu téměř celý průtok podél MVE (Svejkovský, 2005).

4.4.4.5. Dopad na ekologický stav vodního ekosystému

Kolísání průtoků je zcela přirozený jev, na který jsou vodní organismy přizpůsobeny. Minimální průtok je tak normální součástí hydrologického režimu toků (Hynes, 1970, Allan 2007). Pro přežití vodních organismů je důležitá zejména doba jeho trvání a jeho absolutní hodnota.

Snížením průtoků v korytech vodních toků dochází ke snížení hloubek a rychlostí vody proudící v korytě. V důsledku těchto skutečností dojde k sedimentaci většího množství splavenin v korytech vodních toků, a to až do vzniku jezové zadržiny v zdouvacím a odběrném objektu MVE nebo v úseku pod tímto objektem.

Toto ovšem není jediný nedostatek. Martanová, Mašek (2001) zmiňují, že při odběru vody z vodního toku dochází ke zmenšení zatopené plochy dna a tím i k výraznému snížení schopnosti samočisticích procesů, které probíhají právě na biologicky aktivních plochách dna. Na obnažených plochách dochází k odumírání nárostových společenstev a po opětovném zaplavení dojde ke znečištění vody odumřelou biomasou. V období reprodukce rybí obsádky už dojde k obnažení trdlišť a pokud se radikálně sníží průtoky, bude ohrožena samotná existenceryb.

Snížení průtoků přináší i snížení rychlosti proudění, prosvětlení a proteplení vodního sloupce a tím i zvýšení eutrofizace. To se pak projevuje změnami v látkové dynamice prostředí, je ovlivněn denní cyklus hodnot pH, kyslíkového režimu a řady dalších chemických hodnot (Martanová, Mašek, 2001).

Většina vodních organismů tekoucích vod je velmi úzce vázaná na určitý rozmezí teplot, při kterých jsou schopny existence, vývoje a rozmnožování. V případě, že minimální průtok nastane v teplé periodě roku a v období intenzivního slunečního svitu, dochází k výraznému oteplení vody, ke snížení obsahu O_2 a následnému úhynupředevším teplotně intolerantních druhů (Helešic, Kubíček, 1997). Při snižování průtoků v zimním období může dojít k promrznutí nového substrátu a tím i k úhynu ucelé biomasy toku.

4.4.4.6. Minimální zůstatkový průtok ve Vydřím vodním díle

Mašek (1999) uvádí, že na území NP Šumava je v provozu 10 malých vodních elektráren, z nichž dvě mají na území parku pouze odběr. Ovlivněné část toku jsou rovněž součástí parku.

Mimo elektrárnu Vydra na Čeňkově Pile, která využívá objemu vody kumulované v nádrži a může tedy teoreticky využít minimálních odběrů z toku, jsou ostatní elektrárny odkázány na průtok kanálu turbinou odpovídající hltnosti. Je třeba také uvést, že hltnost turbíny a průtok je součástí technické specifikace a odběrů je třeba dodržovat. Dodržování předepsaného zásahu při průtoku je pro provozovatele znamená pak z hlediska ekonomiky tohoto podnikání naprostý krach. Při známé rozkolísanosti průtoků šumavských toků znamená dodržování těchto zásahů při průtoku faktické odstavení elektrárny na několik měsíců. Vezmeme-li v úvahu, že ve zvláště chráněném území by měly být jednoznačně upřednostněny potřeby toku, zúží se objem využitelného průtoku na několik málo měsíců či dní v období jarního tání nebo povodňových deštů (Mašek, 1999).

Hydrologický režim Vydry je od jezu Rechle až po zaústění odpadu vodní elektrárny Vydra zásadně ovlivněn odběrem vody do Vchynicko-tetovského kanálu. Odběr se projevuje snížením hloubky vody a zúžením proudu v říčním korytě a v důsledku toho podstatnou ztrátou vhodného životního prostředí pro organismy žijící v řece, například populaci struha obecného. Odběr vody je nejvíce dotčen úsek Vydry od odběrného objektu Rechle zhruba po ústí Hamerského potoka, který je poměrně významným přítokem. Navíc ve Vydřím vodním díle Hamerského potoka dochází k dramatické změně sklonových poměrů se změnou celkového charakteru koryta a tedy i habitatu (hloubka, rychlost proudění a substrát dna) (Jiřínek, Mattas, Slavík, 1999).

Již při navrhování průvodního manipulačního řádu v r. 1975 se řešila otázka zůstatkového průtoku ve Vydřím vodním díle. Zájem ponechat celoročně ve Vydřím vodním díle minimální průtoky, navýšené v letním období, kdy bývala v prostoru Antýglu organizována rekreace, byl především ze strany SCHKOŠ Sušice, která reprezentovala hledisko přírodně ochranné, ekologické, estetické i veřejné. Naproti tomu stál tehdejší provozovatel elektrárny Vydra a jeho dosavadní způsob hospodaření (manipulační řád, 1975).

V manipulačním řádu z roku 1975 byl minimální zůstatkový průtok stanoven takto:

| | |
|---|---|
| listopad, prosinec, leden, únor – nárok na průtoky není, předpokládá se, že vzhledem k zámrzu by bylo stejně obtížné ho manipulačně zajistit | |
| březen | – nárok na průtoky není, vysoký odtok z tajícího sněhu je často vyšší než $2,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (průtok kanálem). |
| duben | $-0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ |
| květen | $-0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ |
| červen | $-0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ |
| červenec | – odstávka elektrárny z důvodu celozávodní dovolené a zájmu o rekreaci u Antýglu |
| srpen | $-0,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ |
| září | $-0,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ |

říjen –veškerý průtok je sveden do elektrárny (odběr plavebním kanálem je omezen průtokem $2,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), protože ztráta na výrobě elektrické energie je velmi citelná v období nástupu zimního období z praktického hlediska v období vyskytujících se zámrzů lze jen obtížně manipulovat s průtoky ve Vydřezajišti

Jiřínek, Mattas, Slavík (1999) zhodnotili ve své studii i manipulační řád z roku 1975 jako nevyhovující. Povětšinu roku hodnoty průtoků v podstatě nedovolovaly přežití vodních organismů a v období mezi dubnem a říjnem byl úbytek využitelné plochy habitatu 50% a více. Manipulační řád v té době povoloval po většinu roku odvedení celého průtoku mimo koryto toku, aniž by vyžadoval ponechání sádky v říčním průtok. Pouze v červenci povoloval žádný odběr elektrárny byla odstavena.

Nazákladě jejich studie se začalo připravovat nové manipulační řád, který byl schválen 20. března 2001. V tomto novém manipulačním řádu byl odběr vody do kanálu povolen pouze za podmínek zachování minimálního průtoku v ústí toku pod profilem jezu, jehož hodnoty, nazvané jako „záručené hodnoty průtoků“, byly stanoveny takto:

| | | |
|-----------------|---|---|
| listopad | – | 1. polovina- $0,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$; 2. polovina- $0,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ |
| prosinec | – | $0,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ |
| leden | – | $0,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ |
| únor | – | $0,4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ |
| březen | – | $0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ |
| duben | – | $0,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ |
| květen | – | $0,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ |
| červen | – | $0,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ |
| červenec | – | $0,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ |
| srpen | – | $0,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ |
| září | – | veškerý průtok ponechán ve Vydřezajišti |
| říjen | – | $0,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ |

Pokud srovnáme uvedené hodnoty minimálního průtoku v ústí toku stanovené v manipulačním řádu z roku 1975 a 2001, je jednoznačně vidět zlepšení ve prospěch vlastního toku Vydry. Hodnoty minimálního průtoku v ústí toku byly ve všech měsících navýšeny a zmizela možnost svádět veškerý průtok kanálem do elektrárny. Zároveň při rozdělení průtoku mezi řeku a kanál zároveň musí být zohledněn následující

:

- stabilizace hladiny v období reprodukce pstruha obecného, tedy v období září – listopad. Do roku 2001 bylo právě v tomto období umožněno svádět veškerý průtok do kanálu.
- stabilizaci hladiny v období zimování pstruha obecného (listopad – březen) s přihlédnutím k zámrzům koryta
- zachování zimní provozuschopnosti kanálu, což představuje stabilizaci průtoku v kanálu a zajištění minimálního průtoku $0,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Pro kontrolu rozdílů útoků při vtoku do kanálu jsou využívány údaje z limnigrafické stanice Modrava, která leží v nepatrné vzdálenosti nad místem odběru. Rozdíl ploch povodí kodbočení kanálu a kvodoměrného profilu činí cca 3 km^2 , tj. asi 3,5 % (tato hodnota se pohybuje v rámci běžné chyby při měření prouků). Dále se využívají údaje z měrného profilu z vtokem do kanálu. Měrný profil se nachází cca 120 m z vtokovým objektem, je vybaven limnigrafickou budkou s měrnou šachtou spojenou s kanálem osazenou ponornou tlakovou sondou sdávkovým přenosem. Hodnoty ponechané v řece jsou pak určovány rozdílem těchto dvou údajů.

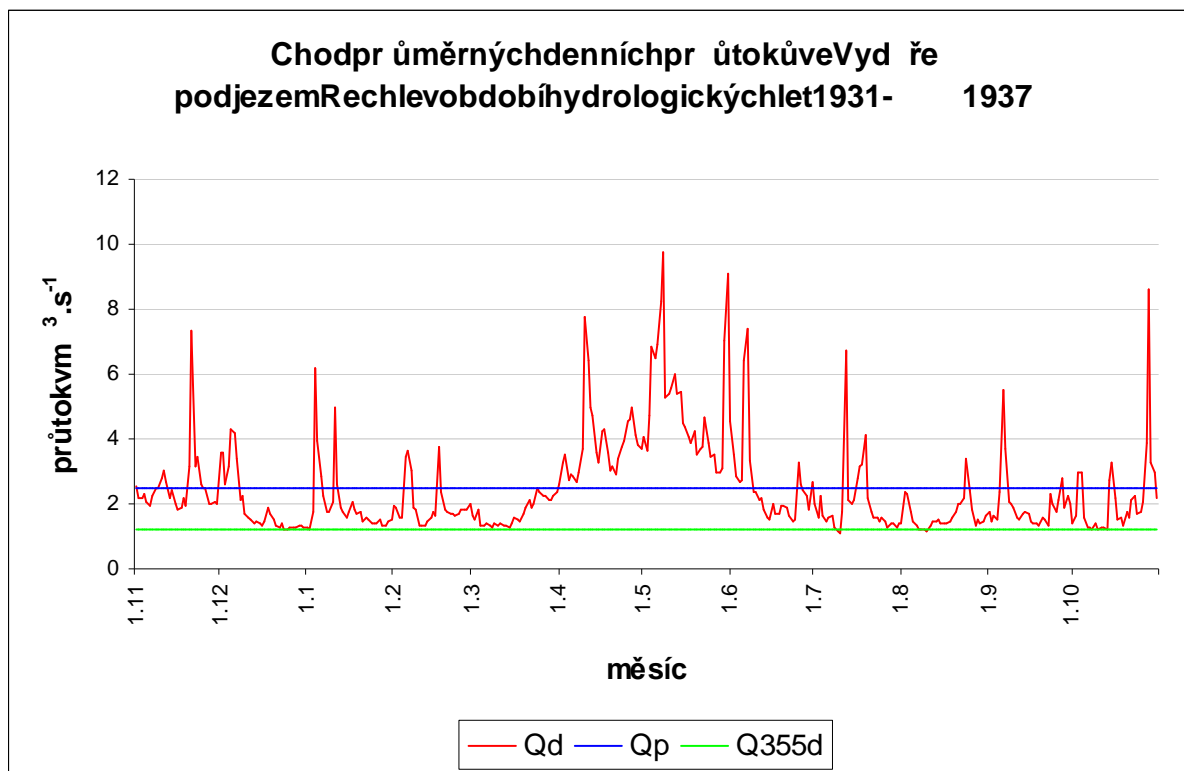
Připoklesu prouků v řece pod hodnoty „zaručených prouků“ nesmí být odběr vody do kanálu realizován. Krátkodobě může být ovšem udělena výjimka v odhospodářským orgánem pověřeným orgánem NP a CHKO.

Vývoj hodnot a dodržování minimálního zůstatkového prouku na Vydělské sledovat na následujících grafech (obr. 54-58), včetně důležitých období:

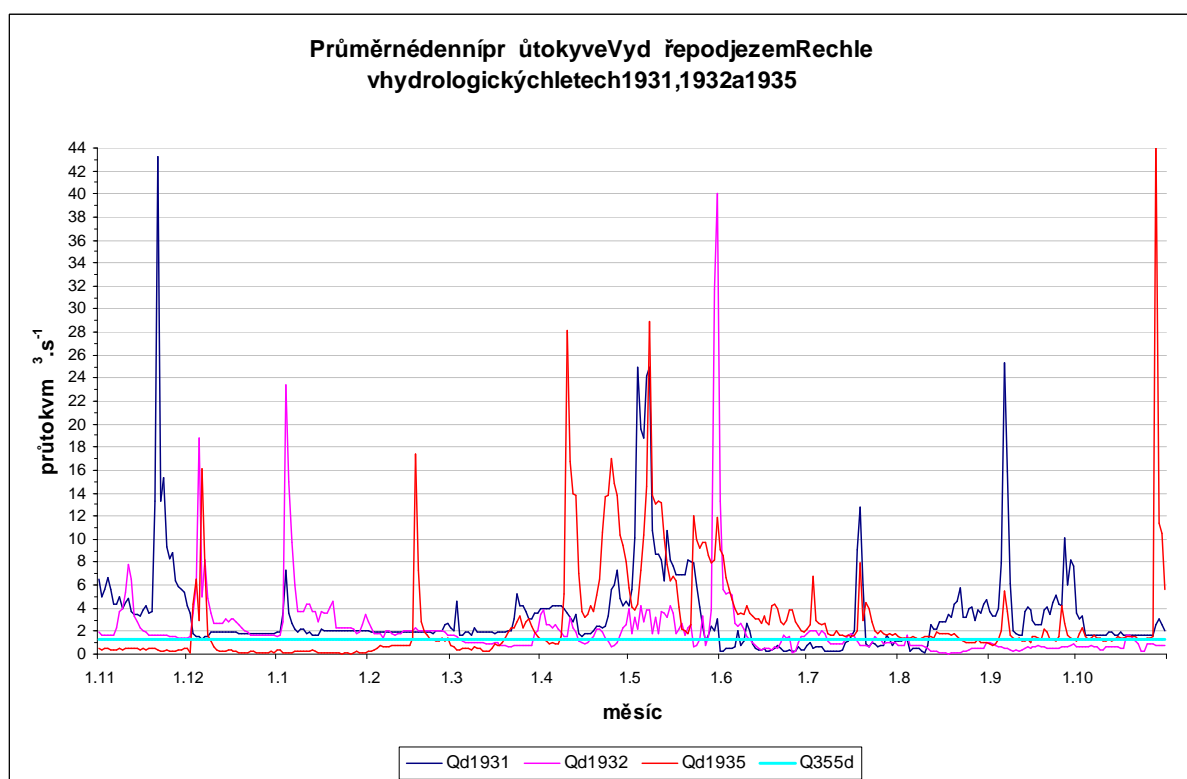
- a) období ředkem 1975, tj. před ustanovením prvního manipulačního řádu
- b) období trvání prvního manipulačního řádu, tj. 1975-2001
- c) období poschválení druhého, aktuálního, manipulačního řádu, tj. po roce 2001.

Velmi vhodné by bylo postihnout celá tato období, o všem problémem je v tomto případě dostupnost hydrologických dat z měření na Vchynicko-tetovském kanále. Z každého již zmíněného období existuje pouze zlomek časových řad. Důvodů je hned několik. Měření se buď v úbec neuskutečňovalo, dochovaly se pouze části ručně psaných záznamů a nebo díky selhání techniky (zejména v posledních letech, kdy jsou k měření používány tlakové sondy sdávkovým přenosem) datové řady prostě chybí. Ovšem i v dochovaných hydrologických řadách se objevují časté výpadky v měření způsobené buď nepříznivými klimatickými podmínkami (zámrz, sněhová pokrývka) nebo odstávkou elektrárny v letním období. Řešení problematiky minimálních zůstatkových prouků ve Vydělské musí opírat pouze o dostupná data.

Pro první období byl využit kontinuální řada průměrných denních prouků za období hydrologických let 1931-1937, ve kterém na Vchynicko-tetovském kanále existovala limnigrafická stanice spravovaná ČHMÚ. Průměrný denní prouk ve Vydělské podjezem Rechle byl stanoven jako rozdíl známých průměrných denních prouků v profilu Modrava a profilu na Vchynicko-tetovském kanále (cca 120 m za odběrným objektem Rechle). V dlouhodobém průměru (viz obr. 54) lze říci, že minimální zůstatkový prouk neklesá pod $1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, ovšem pokud se podíváme na jednotlivé roky, v tomto případě výborně několik hydrologických let (viz obr. 55), je z uvedeného grafu patrné, že zůstatkový prouk se dostával hluboko pod minimum umožňující přežití vodních organismů. Na grafu je tato hranice vyjádřena orientační hodnotou 355-denního prouku, stanoveného za sledované období. Nejnižší hodnoty průměrného denního prouku dosahovaly až extrémních hodnot $0,03-0,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Kromě vodního období říjen-květen byl ve Vydělské udržován minimální prouk. Z grafu je zřejmé, že v období říjen-květen byl ve Vydělské udržován minimální prouk. Z grafu je zřejmé, že v období říjen-květen byl ve Vydělské udržován minimální prouk.

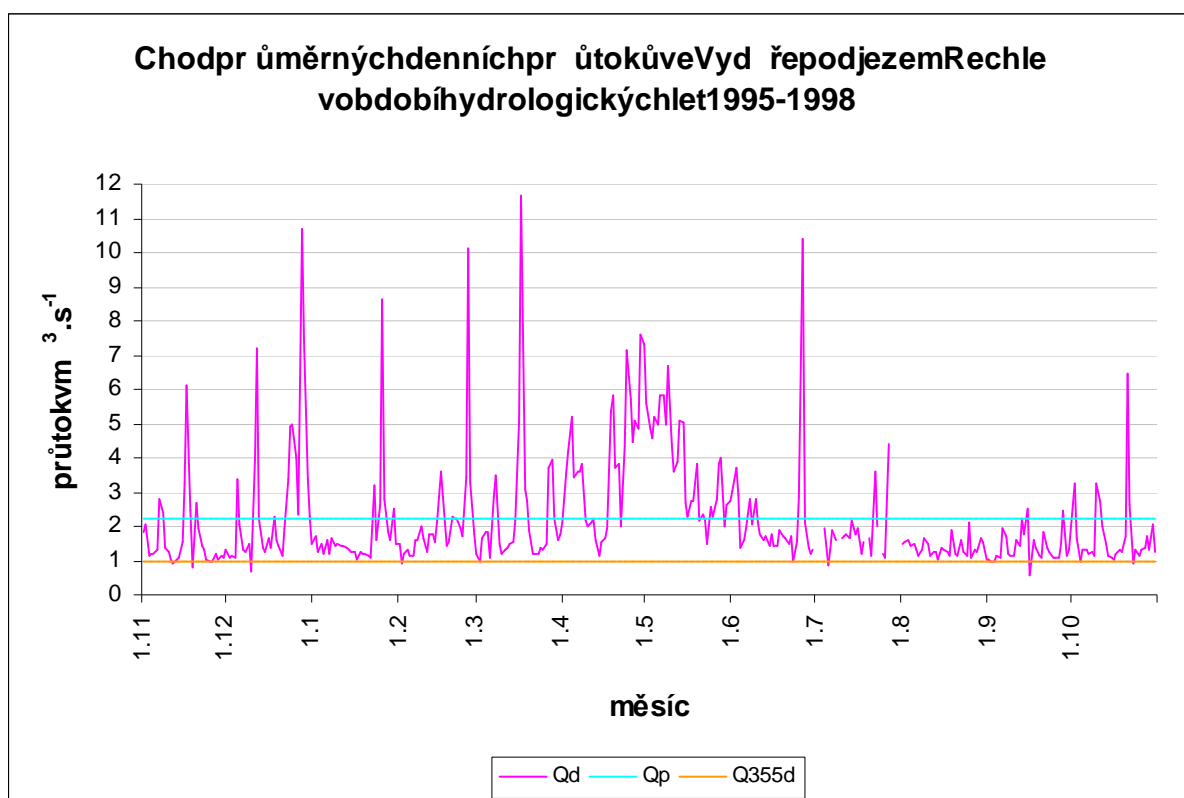


Obr.54: Průměrný denní průtok ve Vydřech podjezemem Rechle za období 1931-1937
(zdroj: hydrologická data ČHMÚ, upraveno)



Obr.55: Průměrný denní průtok ve Vydřech podjezemem Rechle v vybraných hydrologických letech 1931, 1932 a 1935
(zdroj: hydrologická data ČHMÚ, upraveno)

Při hodnocení minimálního zůstatkového průtoku ve druhém období bylo pracováno spíše s písemnými záznamy vodních stavů na Vchynicko-tetovském kanále, které ze svého archivu poskytlo vedení vodní elektrárny Vydrů. Problémem v tomto případě byla neúplnost a špatná čitelnost záznamů, která značně ztížila jejich zpracování. Z těchto důvodů nebyl vybrán na Vchynicko-tetovském kanále stejný profil jako u předchozího hodnocení, ale profil Mechov. Jelikož se jedná o umělý tok spravidelným profilem koryta, není mezi oběma profily významný rozdíl. Podle údajů z manipulativního řádu, může maximální průtok mezi povodími obou profilů dosáhnout maximálního průtoku $0,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Při zpracování dat by to mohlo být faktorem zřetel. Díky neúplnosti písemných materiálů bylo vybráno krátké a souvislé období od 1.11.1994 do 31.10.1998. Vzhledem k ručnímu zpracování dat je třeba vzít v úvahu možnou chybu způsobenou lidským faktorem. Na obr. 56 je nejprve vyjádřen chod průměrných denních průtoků v hydrologických letech 1995-1998. Pokud ho porovnáme s dříve hodnoceným obdobím 1931-1937 (obr. 54), což je průběh adosažených minimálních hodnot průtoků, sepřilíší.

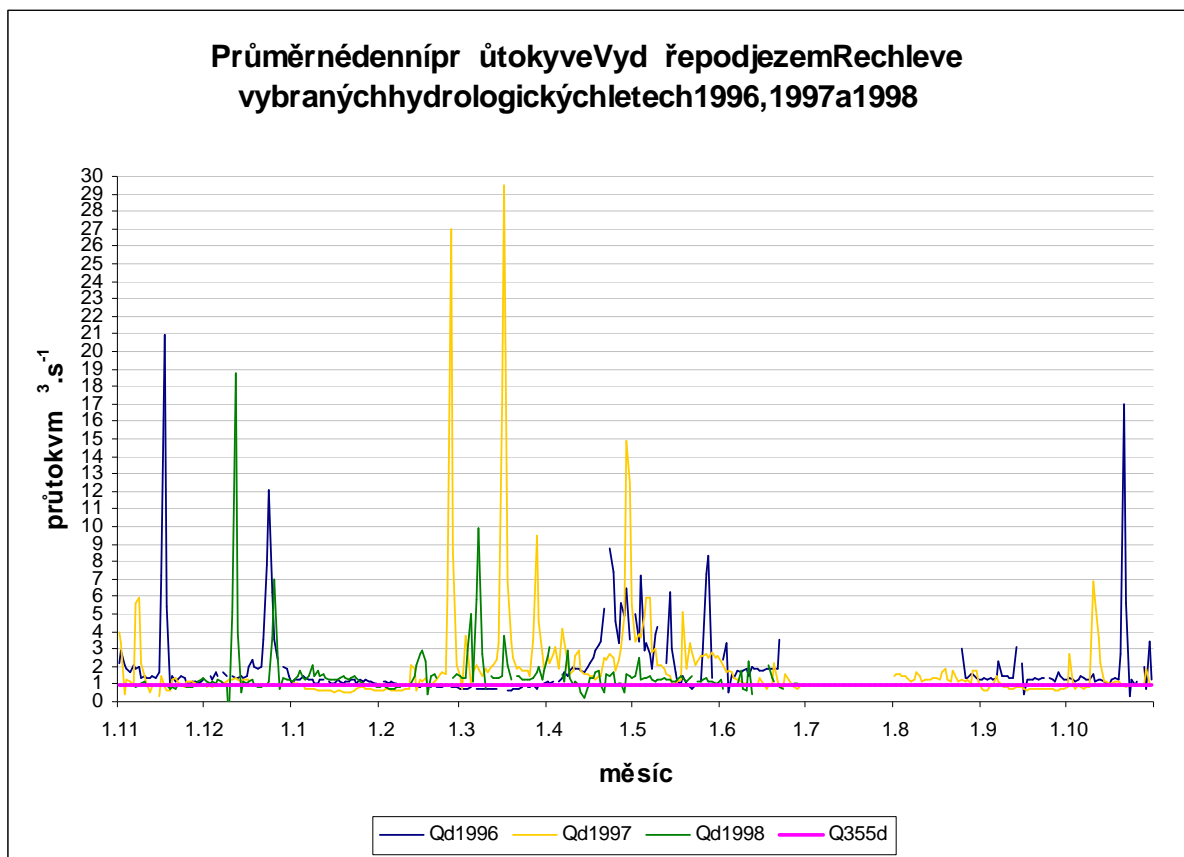


Obr.56: Průměrné denní průtoky ve Vydře pod jezem Rechle v období 1995-1998

(zdroj: ručně psané záznamy o vodních stavech v profilu Mechov, archiv vodní elektrárny Vydrů, hydrologická data ČHMÚ z profilu Modrava, upraveno)

Na následujícím grafu (obr. 57) jsou opět vybrány jednotlivé hydrologické roky a vyjádřen průběh průměrných denních průtoků ve Vydře pod jezem Rechle v těchto letech. Minimální zůstatkový průtok by se v tomto případě měl řídit manipulativním řádem z roku 1975. Nízké průtoky se objevují celoročně, neboť manipulativní řád omezuje odběr jen v období jarního tání (duben-červen), kdy je odběr stejně omezen kapacitou kanálu, a dále na přelomu léta a podzimu (srpen, září). Za červenec z důvodu odstávky elektrárny chybí data, v tomto období by měl být Vydře ponechán všechen průtok. Vzhledem k méně

výrazněmup řekračováníorienta čníhodnoty355-denníhopr útokustanovenéhozasledované období lze usuzovat na mírné zlepšení d tokových po měřůve Vyd ře.

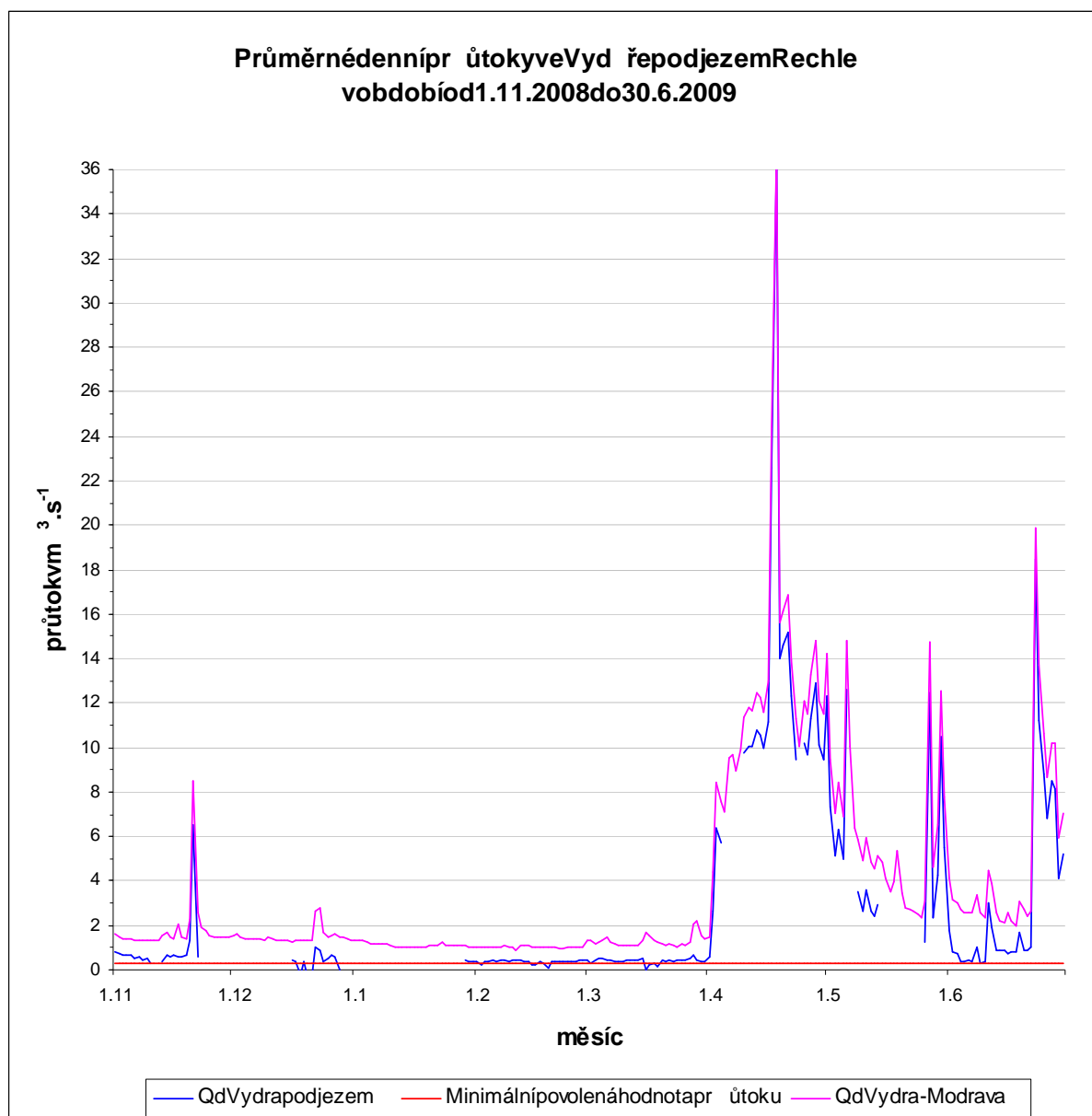


Obr.57: Průměrná denní průtoky ve Vyd řepodjezu Rechle ve vybraných hydrologických letech 1996, 1997 a 1998

(zdroj: ručně psané záznamy o vodních stavech v profilu Mechov, archiv vodní elektrárny Vydra, hydrologická data ČHMÚ z profilu Modrava, upraveno)

Posledním hodnoceným obdobím je velmi krátká časová řada po čínající 1.11.2008 a končící 30.6.2009. Databy lze získat z automatického měřícího zařízení nacházejícího se na Vchynicko-tetovském kanále blízko odběrného objektu Rechle. Nečekaným problémem bylo v tomto případě zjištění, že automatické zařazení přijímající digitální údaje o průtocích uchovává v paměti záznamy změření pouze za poslední rok. Díky technickým problémům směřujícími čidla, je i tato roční řada neúplná. Do grafu průměrných průtoků za toto období (viz obr. 58) byla pro orientaci přidána linie znázorňující nejmenší možnou hodnotu minimálního průtoku ve Vyd řepovolenu manipulací řádem z roku 2001 – tedy hodnota $0,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, stanovená pro druhou polovinu listopadu, prosince a leden. Z grafu je patrné, že skutečné hodnoty ponechané průtoky ve Vyd řesedržínahranicimoznostia výjimečně se ve Vyd ře objevují i hodnoty nižší. Nedostatkem níže uvedeného grafu, je kromě extrémně krátkého sledovaného období, i absence dat za měsíce září. Právě v tomto měsíci lze očekávat nejvýraznější změny ve prospěch toku Vydry. Doplnkově a spíše pro informaci by do grafu přidání průběh hodnot průměrných průtoků v profilu Modrava. Z porovnáním

chod ů lze získat představu o velikosti změny v průtocích Vydry nad a pod odběrným místem Rechle.



Obr. 58: Průměrné denní průtoky ve Vydře pod odběrným místem Rechle v období od 1.11.2008 do 30.6.2009

(zdroj: data z interní databáze vodní elektrárny Vydry, hydrologická data ČHMÚ, upraveno)

5. Diskuze a závěr

Studované území zahrnující povodí Vydry a horní Otavy a povýšovací profil Rejštejn bylo zkoumáno po stránce možných antropogenních vlivů na odtokový režim Vydry. Výchozí předpokladem bylo obecně uznávaný názor, že se jedná o cenné území s přírodním charakterem v němž v historické době nedocházelo k výrazným antropogenním zásahům. Účelem práce bylo podrobné vyhodnocení odtokového režimu Vydry ve srovnání s dalšími vodními toky v oblasti a hledání odchylek způsobených možnými důsledky antropogenního působení. Vzhledem k nepříznivé poloze území ve vrcholové části okrajového pohorí s drsnými klimatickými podmínkami se skutečně jedná o oblast relativně nezatíženou. Ovšem právě z tohoto důvodu bylo třeba rozšířit obzor studia i na nepřímé důsledky antropogenní činnosti sahající mnohdy daleko do historie. Výsledkem bylo vytipování několika sfér antropogenního působení a snaha o posouzení charakteru, případně kvantifikaci, nejvýraznějších dopadů. Všechny hypotézy byly konfrontovány s publikovanými názory dalších odborníků, které jsou však mnohdy protichůdné. Právě v tomto spočívají možné nejistoty, neboť mnohé otázky týkající se právě vlivu člověka na odtokové režimy vodních toků, nejsou dosud uspokojivě vyřešeny. Důvod pravděpodobně musíme hledat v příliš krátkém období, ve kterém se ubírá pozornost s polečností k životnímu prostředí. S rozvíjením se výzkumem na poli ekologie vstala spousta nových otázek, jejichž řešení se objeví až s dlouhodobějším monitoringem jednotlivých složek životního prostředí.

Předpoklady antropogenního vlivu na odtokový režim vyvozené ze znalosti historického vývoje, přírodních podmínek v oblasti a zpracování dostupných hydrologických údajů byly dokladovány na konkrétních srovnáních hydrologických režimů toků s odlišným vývojem a rozsahem antropogenních změn. Vzhledem k tomu, že výzkum v oblasti započal teprve před několika lety, nejsou zatím k dispozici dostatečně reprezentativní údaje, na jejichž základě bychom mohli potvrdit nebo vyvrátit výchozí hypotézy a určovat dlouhodobější trendy. Všechny případové studie proto sloužily pouze jako prezentace dosavadních výsledků výzkumu a je třeba k nim takto přistupovat.

Během studia antropogenních vlivů vzájemném území bylo zjištěno, že i přes deklarovanou záchovalost oblasti, lze prokazatelně najít důkazy o zásazích do odtokového režimu Vydry, a to už se jedná o plošné odlesnění velkých částí povodí nebo využívání vodní energie a úkor ohrožení vodních organismů, pro něž je rozkolísanost vodního režimu Vydry limitující. Obecně se negativní dopady antropogenního působení na vodní toky projevují ve vyšší variabilitě odtokového režimu, ačkoliv paradoxně se právě člověk dnes snaží spíše o vyrovnání odtokových poměrů, zpomalení a zadržení vody v krajině.

Při výzkumu v oblasti se dále objevila možnost využití již provedených antropogenních zásahů v integrované protipovodňové ochraně. Není tedy zákonitě nutné, že všechny dosud zaznamenané antropogenní dopady se projevují jen negativně. Například existence několika bývalých akumulčních nádrží by se dala velmi dobře využít pro zadržování povodňových průtoků a přispět tak ke snížení kulminací vln, samozřejmě jen v lokálním měřítku. Podle dosavadních výsledků terénního vyměřování těchto nádrží, se ukazuje, že jejich objem není zdaleka zanedbatelný. Zvažuje se možnost obnovení funkce těchto nádrží na principu suchého poldru. Otázkou zůstává efektivnost takových opatření v relativně malém měřítku lokalizovaných v příliš chráněném území. Do rozporu se tu

dostávají zastánci protipovodňové ochrany, vodního hospodářství a ochrany přírody a krajiny. Budoucí výzkum by se tedy měl zaměřit na simulace povodňových událostí vzájemném území snávrhy technických řešení rekonstrukce nádrží, zvážit možnosti jejich efektivního působení na snižování kulminačních vln povodňových průtoků nebo případně nadlepšování průtoků vsuchých periodách, vsouladu požadavky na ochranu přírodně cenných stanovišť území. Postup výzkumu a tedy i dalších výsledků je zpomalen protichůdnými názory na nejlepší způsob využití území.

Při zpracování práce byla otevřená a zajímavá otázka hydrologické funkce řeky a jejího, jejíž uspokojivé řešení, byť by mělo být rozhodující při výběru opatření pro vylepšení odtokových poměrů v oblasti, zatím neexistuje. Podle uvedené případové studie zatím nelze hodnotit probíhající revitalizační opatření kladně, což je ovšem velmi pravděpodobně způsobeno nedostatečnou reprezentativností porovnávaných období. Přestože ještě nebyly revitalizační úpravy v modelovém povodí zcela dokončeny, lze z průběhu průměrných denních průtoků vysledovat tendence k vyrovnávání odtokové křivky. Až extrémní průtoky způsobené v důsledku tání sněhové pokrývky, na niž byla letošní zima relativně velmi bohatá, měly za následek zvýšení výpočtených hodnot změny variability odtoku.

Problematika odlesnění zájmové oblasti je v souvislosti s nedávnými výměrnými opatřeními v posledních letech diskutovaným tématem. Výsledek studie a experimentálních povodích zatím korespondují s dosavadními názory odborných kruhů, tj. potvrzují negativní vliv odlesnění projevující se na odtokovém režimu větší rozkolísaností vyššími kulminačními průtoky. Odlesnění ve svém důsledku vyplývá z výsadby stejnověkových smrkových monokultur. V této fázi je možné situaci řešit pouze postupnou přeměnou stejnověkových smrčů na druhově i prostorově rozmanité porosty s jedlím a bukem, které odpovídají původnímu přirozenému společenstvu.

Závěrem lze říci, že antropogenní změny vzájemném území nejsou dle úvodního předpokladu závažného charakteru a dobrým managementem v oblasti, podloženým kvalitním a dlouhodobým výzkumem, je možné je minimalizovat. Nevratným zásahem do přirozeného odtokového režimu Vydry je pouze vodní dílo Vydra, zapříčiňující dlouhodobý výskyt minimálních hodnot průtoků a prudký nárůst rozkolísanosti odtokového režimu úseku pod odběrným objektem Rechle. Podle uvedené studie lze v tomto případě konstatovat určitě vylepšení odtokových poměrů, zejména díky postupnému pokroku legislativy týkající se životního prostředí a zavedením povinnosti dodržování tzv. minimálního zůstatkového průtoku. Problematická je v tomto případě kontrola skutečných dodržovaných hodnot oproti hodnotám povinným, stanoveným manipulačním řádem, nejenom z důvodu obtížného získávání přesných údajů o průtocích. Opět z protisobě stojí dva protichůdné zájmy – výroba energie a ochrana vodních a svodou spojených ekosystémů.

Otázkami budoucího výzkumu zůstává využití území pro aplikaci protipovodňových opatření a zejména hledání dalších možností, jak zvýšit přirozenou retenci a retardaci vody v krajině.

6. Seznam použitých zdrojů literatury

6.1. Použitá literatura

- ALLAN, J. D. (2007): Stream ecology: structure and function of running waters. Dordrecht: Springer, 436pp.
- ANDRESKA, J. (2003): Lesnictví na Šumavě. In: Šumava – příroda, historie, život. Nakladatelství Miloš Uhlíř–Baset, s. 567-572
- BALATKA, B., KALVODA, J. (2006): Geomorfologické členění reliéfu Čech. Kartografie Praha, a.s., 79s.
- BĚL, J., BARTÁK, J., ETTLER, Z. (2001): Plavení dříví na střední Šumavě: 200 let Vchynicko-Tetovského plavebního kanálu. Západočeská energetika, a.s., 200s.
- BERNARDOVÁ, I. (1995): Zásady stanovení minimálních průtoků ve vodních tocích České republiky. Vodní hospodářství, ro. č. 45, č. 6-7, s. 222-223.
- BERNARDOVÁ, I. (1997): Ekologické pojetí zásad stanovení minimálních průtoků v tocích. Bulletin VÚRH Vodňany, ro. č. 33, č. 1-2, s. 38-44
- BLÁHA, J. et al. (2003): Péče o Národní park Šumava: mise IUCN. Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha, 123s.
- BROM, J., HAIS, M., POKORNÝ, J., PROCHÁZKA, J. (2006): Effect of water drainage on the forest microclimate: case study of two small catchments in Šumava mountains. Ekológia (Bratislava), 2006, vol. 25, (no. Suppl. 3), p. 18-26
- BUFKOVÁ, I. (2001): Šumavské skvosty – Tříjezerní slat. Informační materiály Správy NP a CHKO Šumava, Vimperk
- BUFKOVÁ, I., SPITZER, K. (2008): Šumavská rašeliniště. Správa NP a CHKO Šumava, Vimperk, 203s.
- BUFKOVÁ, I. (2009): Ochrana rašelinišť na Šumavě aneb byly Rokytecké slatě první? In: Černý, D. a Dvořák, L. (Eds.): Weifälerské slatě. Sborník referátů ze semináře. Správa NP a CHKO Šumava, Sekce výzkumu, Vimperk 2009, s. 12-23
- BURYOVÁ, B. et al. (2001): Mapa potenciálních přirozené vegetace Národního parku Šumava. Silva Gabreta. Supplementum 1, Správa NP a CHKO Šumava, Vimperk 2001, 189s.
- CULEK, M. (1996): Biogeografické členění České republiky. Enigma, Praha, 347s.
- FERDA, J., HLADNÝ, J., BUBENÍČKOVÁ, L., PEŠEK, J. (1971): Odtokový režim a chemismus vod v povodí Horní Otavy se zaměřením na výskyty rašelinišť. Sborník prací HMÚ, sv. 17, HMÚ, Praha, s. 22-126.

- FÖHRER, N. et al. (2001): Hydrological response to land use changes on the catchment scale. *Physics and Chemistry of the Earth*, 26, pp. 577-582.
- HAIS, M. (2004): Vliv odvodnění na funkce krajiny v oblasti NP Šumava. *Collection of Scientific Papers. Faculty of Agriculture in České Budějovice. Series for Crop Sciences. Special Issue: Agregion, svazek 21, č. 2-3, str. 343-346*
- HAIS, M. (2007): Vliv odlesnění a odumírání horských smrčků na teploty krajinného krytu a možné důsledky pro formování odtoku v oblasti centrální Šumavy. In Langhammer, J. (Ed.): *Povodňové změny v krajině. MŽP ČR a PŘFUK, Praha, 2007, s. 334-340*
- HAIS, M. (2008): Vývoj a spektrální projevy odlesnění centrální části Šumavy hodnocené prostřednictvím DPZ a GIS. *Disertační práce. Univerzita Karlova v Praze, Fakulta přírodních věd, Praha, 2008, 140s.*
- HELEŠIC, J., KUBÍČEK, F. (1997): Ekologická kritéria pro stanovení minimálních průtoků a vliv umalých vodních elektrárn na vodní toky. *Buletin VÚRH Vodňany, ro. č. 33, č. 1-2, s. 44-61*
- HLADÍK, P. (2006): Hydrografie a odtokové poměry v povodí Křemelné. *Bakalářská práce. PŘFUK, KFGG, Praha, 64s*
- HLADNÝ, J. (2006): Vodní bilance. In: *Voda v České republice, Praha: Consult, 2006, s. 44-48*
- HOLDEN, J., CHAPMAN, P.J., LABADZ, J.C. (2004): Artificial drainage of peatlands: hydrological and hydrochemical process and wetland restoration. *Progress in Physical Geography*, 28, p. 95-123
- HYNES, H. B. N. (1970): *The ecology of running waters*. Liverpool University Press, 1970, 555pp.
- CHÁBERA, S. a kol. (1984): *Příroda na Šumavě*. Jiho české nakladatelství, České Budějovice, 1987, 182s.
- JANSKÝ, B. (2004): Retence vody v povodí. In: LANGHAMMER, J. (2004): *Hodnocení vlivu změny přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní. Závěrečná zpráva z grantu GA ČR 205/03/Z046, s. 59-70.*
- JANSKÝ, B., KOCUM, J. (2007): Retenční potenciál v pramenných oblastech toků. In Langhammer, J. (Ed.): *Povodňové změny v krajině. MŽP ČR a PŘFUK, Praha, 2007, s. 307-315. ISBN 978-80-86561-86-8*
- JANSKÝ, B., KOCUM, J. (2008): Peat bogs influence on runoff process: case study of the Vydra and Křemelná River basins in the Šumava Mountains, southwestern Czechia. *Geografie-Sborník ČGS*, 113, 4, Praha, pp. 383-399. ISSN 1212-0014
- JENÍČEK, M., KOCUM, J., JELÍNEK, J. (2008): Monitoring sníhové pokrývky v povodí Rokytky v letech 2007 a 2008. In Broža, V., Szolgay, J., Fošumpaur, P. (Eds.):

- Extrémní hydrologické jevy v povodích. Sborník příspěvků z Workshopu Adolfa Patery 4.11.2008. ČVÚT, Praha, s. 227-236.
- KLÖCKING, B., HABERLANDT, U. (2002): Impact of land use changes on water dynamics – a case study in temperate meso and macro scale river basin. *Physics and Chemistry of the Earth*, 27, pp. 619-629
- KOCUM, J., JANSKÝ, B. (2009): Retence vody v prameniných oblastech Vydry a Křemelné – případová studie povodí Rokytky. In Černý, D. a Dvořák, L. (Eds.): *Weitfällerské slatě. Sborník referátů ze semináře. Správa NP a CHKO Šumava, Vimperk*, s. 26-48. ISBN 978-80-87257-00-5, ISSN 1803-4470
- JELÍNEK, J. (2006): Hydrografie a režim odtoku v povodí Roklanského potoka. Bakalářská práce. PŘFUK, KFGG, Praha, 36 s.
- JELÍNEK, J. (2008): Akumulace a tání sněhové pokrývky v povodí Rokytky v hydrologických letech 2007 a 2008. Diplomová práce. PŘFUK, KFGG, Praha, 85 s.
- JENÍČEK, M. (2008): Modelling the effect of small reservoirs on flood regime in the Chomutovka river basin. In Brilly, M and Šraj, M. (Eds.): *XXIVth Conference of the Danubian Countries on the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management*, 2.-4. June 2008 [CD-ROM]. Ljubljana.
- JENÍČEK, M. (2009): Der Einfluss des dezentralen Hochwasserschutzes auf das Abflussregime der oberen Chomutovka. In Schulte, A., Roch, I., Janský, B. (Eds.): *Möglichkeiten und Grenzen des dezentralen Hochwasserschutzes im Mittleren Erzgebirge*, Berliner Geographische Abhandlungen, Berlin (vtisku).
- JIRINEC, P., MATTAS, D., SLAVÍKO. (1999): Stanovení minimálních ekologických průtoků na řece Vydře pro návrh manipulací řádu odběru Rechle. In: *Revitalizace vodních ekosystémů*, Správa NP a CHKO Šumava, Vimperk, 1999, s. 21-29
- JONÁŠOVÁ, M. (2008): Vítr a kůrovec obnovují horské smrčiny. *Časopis Šumava. Správa NP a CHKO Šumava*, č. 2, 2008, s. 4-8
- JUST, T. et al. (2003): *Revitalizace vodního prostředí. AOPK ČR*, Praha, 2003, 144 s.
- JUST, T. a kol. (2005): *Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi. 3. ZO ČSOP Hořovicko ve spolupráci se společností Ekologické služby s.r.o., AOPK ČR a MŽP ČR*, Praha 2005, 359 s.
- KLIMENT, Z., MATOUŠKOVÁ, M. (2006): Changes of runoff regime according to human impact on the landscape. *Geografie – Sborník české geografické společnosti*, ro. č. 111, č. 3, str. 292–304
- KLIMENT, Z., MATOUŠKOVÁ, M. (2007): Změny srážko-odtokových poměrů v prameniných oblastech povodí Otavy. In Langhammer, J. (Ed.): *Povodně a změny v krajině. Katedra fyzické geografie a geoekologie Univerzity Karlovy v Praze a Ministerstvo životního prostředí České republiky*, Praha, 2007, s. 317-331

- KOPP, J., ŘÁDEK, I. (2006): Úpravy vodních toků. In: Voda v České republice, Praha: Consult, 2006, s. 102-106
- KŘOVÁK, F., DOLEŽAL, F., PÁNKOVÁ, E. (2004): Vliv lesních ekosystémů na hydrický režim krajiny. Influence of forest ecosystems on hydrologic regime of landscape. – In: DVOŘÁK, L. & ŠUSTR, P., (eds.): Sborník z konference Aktuality šumavského výzkumu, Srní, 4.-7.10.2004, s. 44-48
- KUBÍČEK, J. (2006): Analýza srážkových dat centrální části Šumavy. Diplomová práce, Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha 2006, 90s.
- KYSILKA, J., NYKLES, J. (2001): Novodobé využívání Vchynicko-Tetovského plavebního kanálu. Dvousté výročí zahájení plavby na Vchynicko-Tetovském plavebním kanále - přednášky na semináři Srní, 7. června 2001. Západočeská energetika, Plzeň, 2001, 42-47s.
- LANGHAMMER, J. (2007): Úprava toků údolní nivy jako faktor ovlivňující průběh povodní. In: Povodňové změny v krajině. MŽP ČR a PŘFUK, Praha, 2007, s. 271-294
- LEJSKOVÁ, K. (2000): Srážky v jihočeské části Šumavy v období 1961-95. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze, Fakulta přírodních věd, Praha, 99s.
- MÁNEK, J. (2001): Šumavské lesy. Informační materiály Správy NP a CHKO Šumava, Vimperk, 16s.
- MAŠEK, P. (1999): Malé vodní elektrárny, jezy, stupně, rybí přechody a minimální zůstatkové průtoky v NP Šumava. In: Revitalizace vodních ekosystémů, Správa NP a CHKO Šumava, Vimperk, 1999, s. 6-10
- NETOPIIL, R. a kol. (1984): Fyzická geografie. SPN, Praha, 273s.
- PETRÁNEK, J. (1993): Malá encyklopedie geologie. Nakladatelství JIH, České Budějovice, 248s.
- SCHULTE, A., ROCH, I., JANSKÝ, B. (2009a): Möglichkeiten und Grenzen des dezentralen Hochwasserschutzes im Mittleren Erzgebirge. Geographische Abhandlungen, Berlin (in tisku).
- SCHULTE, A.; BÖLSCHER, J.; REINHARDT, Ch.; RAMELOW, M.; WENZEL, R. (2009b): Potentiale des dezentralen Hochwasserrückhalts im Mittleren Erzgebirge – Ergebnisse der Modellierungen mit NASIM und WaSiM-ETH. – Korrespondenz Wasserwirtschaft 3/09: 151-158.
- SKUHRAVÝ, V. (2002): Lýkožrout smrkový (Ips typographus L.) a jeho kalamity. Der Buchdrucker und seine Kalamitäten. Agrospoj, Praha, 2002, 196s.
- STRNAD, E. (2003): Podnebí Šumavy. In: Šumava, příroda, historie, život. Nakladatelství Miloš Uhlíř – Baset, s. 35-44
- SVEJKOVSKÝ, V. (2005): Minimální zůstatkové průtoky při provozování vodních elektráren. Vodní hospodářství, ro. č. 55, č. 9, s. 274-275

- ŠEVČÍKOVÁ, L. (2006): Vchynicko-Tetovský plavební kanál .Bakalářská práce, P řF UK, Praha2006,52s.
- TOLASZ,R.etal.(2007):Atlaspodnebí Česka. ČHMÚaUPOlomouc,Praha,256s.
- TOMÁŠEK,M.(2003):P ůdy Českérepubliky. Českágeologickáslužba,Praha,67s.

6.2.Použitézdroje

Internetovézdroje

- Oficiální stránky elektrárny Čeňkova Pila. Fotogalerie. [cit.2009-18-07]. Dostupné z URL:
<http://www.cenkovapila.cz/ind_cs.htm>
- PortálSprávyNPaCHKOŠumava. Člověk a říroda–historiekrajiny[online].[cit.2009-21-04].DostupnézWWW:<<http://www.npsumava.cz/1287/sekce/historie-krajiny/>>
- PortálSprávyNPaCHKOŠumava.Programrevitalizacešumavskýchmok řadůarašelinišť [online].[cit.2009-07-06].DostupnézWWW:
<<http://www.npsumava.cz/1502/1638/clanek/program-revitalizace-sumavskych-mokradu-a-raselinist/>>

Mapovézdroje:

- CENIA– Českáinformačníagenturaživotníhooprost ředí:datazmapovéhoserverup řístupná online z <<http://geoportal.cenia.cz>>. Data využívá na online vobdobí leden –srpen 2009.
- Portál České geologické služby: data zmapového serveru p řístupná online z <<http://geology.cz>>.Datavyužívánaonlinevobdob íleden–srpen2009.
- Výzkumný ústav vodohospodá řský T.G.M.: Útvary povrchových vod [datové vrstvy v e formátushapefile].VÚVTGM,Praha,datažískánav roce2006.

Dalšízdroje:

- Zákon č.254/2001Sb.–ovodách(vodnízákon)
- Manipulační řádpvodníelektrárnuVydratzr.1975(poskytlov edenívodníelektrárnyVydra vroce2009)
- Manipulační řádpvodníelektrárnuVydratzr.2001(poskytlov edenívodníelektrárnyVydra vroce2009)
- Strategieochranyp ředpovodněmínauzemí ČR,schválenáusnesenímvlády č.382zedne 9.dubna2000

Věstník MŽP 5/98 – Metodický pokyn odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí
stanovení hodnot minimálních zůstatkových průtoků ve vodních tocích
Ochrana před povodněmi v Bavorsku: poldry: data + fakta + cíle (2006). Pro Ministerstvo
zemědělství ČR vydal Ústav pro ekopolitiku, 2006, 15 s.

7. Seznam obrázků

- Obr.1: Vydravúsek upod Rechlemi
Obr.2: Přehledná mapa zájmového území
Obr.3: Mapa geologické stavby studovaného území
Obr.4: Geomorfologické členění studovaného území
Obr.5: Výškový poměr studovaného území
Obr.6: Sklonitostní poměr studovaného území
Obr.7: Mapa údního typu studovaného území
Obr.8: Klimatické oblasti dle Quittovy klasifikace klimatu
Obr.9: Rozmístění klimatických a meteorologických stanic a vodoměrných profilů ve studovaném území
Obr.10: Rozložení průměrných teploty vzduchu ve studovaném území
Obr.11: Roční hodiny srážek vybraných stanic za období 1961–1990
Obr.12: Mapa rozložení průměrných ročních úhrnů srážek ve studovaném území
Obr.13: Situace v zájmovém povodí
Obr.14: Kartogram hustoty říčních síť
Obr.15: Krajinový pokryv ve studované oblasti
Obr.16: Zonace podle NP Šumava
Obr.17: Měření průtoků hydrometrickou vrtulivou profilu monitorovaného automatickým hladinoměrem (Ptačský potok)
Obr.18: Totální geodetická stanice Leica TCRP1202 R1000p řívýměřování retných nádrží
Obr.19: Graf dlouhodobých průměrných denních průtoků vybrané profily
Obr.20: Křivky překročení dlouhodobých průměrných denních průtoků vybrané profily
Obr.21: Graf dlouhodobých průměrných měsíčních průtoků vybrané profily
Obr.22: Graf průměrných ročních průtoků pro profil Vydra–Modrava
Obr.23: Graf průměrných ročních průtoků pro profil Otava–Rejštejn
Obr.24: Graf průměrných ročních průtoků pro profil Hamerský potok–Antýgl
Obr.25: Graf průměrných ročních průtoků pro profil Křemelná–Stodůlky
Obr.26: Procentuální podíl odtoků v ročních obdobích pro profil Vydra–Modrava
Obr.27: Procentuální podíl odtoků v ročních obdobích pro profil Otava–Rejštejn
Obr.28: Procentuální podíl odtoků v ročních obdobích pro profil Hamerský potok–Antýgl
Obr.29: Procentuální podíl odtoků v ročních obdobích pro profil Křemelná–Stodůlky
Obr.30: Graf průměrných denních měsíčních průtoků v profilu Rejštejn po eliminaci vlivu Křemelné za období od 1.11.1999 do 31.10.2008
Obr.31: Srovnání průměrných denních měsíčních průtoků v profilu Modrava a Rejštejn po eliminaci vlivu Křemelné (K) za období od 1.11.1999 do 31.10.2008.

Obr.32:Srovnání dlouhodobých průměrných denních maximálních průtoků v profilu Modrava a Rejštejn bez vlivu Křemelné (K) a Hamerskéhopotoka (H)

Obr.33:Podvojně součtové čáry v povodí Vydry, Blanice a Ostružné (1962-2006)

Obr. 34: Podvojně součtové čáry v povodí horní Otavy po závěrový profil Rejštejn (1961-2007)

Obr.35:Mapa rozmištnění úvodních klauz v území

Obr.36:Schéma poldru s částečným nadřazením

Obr.37:Modelování vlivu malých vodních nádrží na odtokový proces při různých velikostech příčinné srážky

Obr.38:Batymetrická mapa Rokytecké klauzy vytvořená na základě terénních měření

Obr.39:Pohled na místo nížiny (slova Roklanské potoce)

Obr.40:Schéma přehrazení drenáž systému pevných dřevěných hrází

Obr.41:Průměrné denní maximální průtoky v profilu Ptačí potok v období od 15.7.2006 do 28.7.2009.

Obr.42:Průměrné denní průtoky v profilu Ptačí potok za předpokládání revitalizačního programu

Obr.43:Průměrné maximální průtoky v profilu Ptačí potok za předpokládání revitalizačního programu

Obr.44:Srovnání průměrných denních průtoků v profilu Cikánský a Ptačí potok za období od 1.11.2008 do 19.6.2009

Obr.45:Zdravotní stav jehlíček v území povodí

Obr.46:Poloha experimentálních povodí Březnického a Ptačího potoků v rámci sledovaného území

Obr.47:Průměrné denní průtoky Ptačího a Březnického potoků v hydrologickém roce 2008

Obr.48:Křivka přetoků v průběhu denních průtoků v hydrologickém roce 2008 (Ptačí a Březnický potok)

Obr.49:Průměrné maximální průtoky v hydrologickém roce 2008 (Ptačí a Březnický potok)

Obr.50:Vchynicko-tetovský kanál

Obr.51:Povodí Vchynicko-tetovského kanálu

Obr.52:Čeňkovapilav minulosti a dnes

Obr.53:Elektrárna Vydra – pohled zvenčí a zevnitř

Obr.54:Průměrné denní průtoky ve Vydřepodjezu Rechle za období 1931-1937

Obr.55:Průměrné denní průtoky ve Vydřepodjezu Rechle v vybraných hydrologických letech 1931, 1932 a 1935

Obr.56:Průměrné denní průtoky ve Vydřepodjezu Rechle v období 1995-1998

Obr.57:Průměrné denní průtoky ve Vydřepodjezu Rechle v vybraných hydrologických letech 1996, 1997 a 1998

Obr.58:Průměrné denní průtoky ve Vydřepodjezu Rechle v období od 1.11.2008 do 30.6.2009

8.seznamtabulek

Tab.1:Charakteristiky klimatických oblastí dle Quitty

Tab.2:Průměrný roční úhrn srážek na ploše povodí pro vybrané profily

Tab.3:Základní hydrografické údaje pro sledované území

Tab.4:Vybrané hydrografické charakteristiky pro sledované území

Tab.5:M-denní průtoky pro vybrané profily

Tab.6:Základní statistické míry variability pro vybrané profily – hodnocení denních průtoků

Tab.7:Základní statistické míry variability pro vybrané profily – hodnocení měsíčních průtoků

Tab.8:Slovní hodnocení vodností roků podle $p\%$

Tab.9:Základní odtokové charakteristiky pro vybrané profily

Tab.10:Srovnání míry variability odtokového režimu v suchu pro porovnávané profilech

Tab.11:Odhadované objemy nádrží dle Běla, Bartáka, Ettlera (2001)

Tab.12:Srovnání míry variability na Ptačím potoce před a po zahájení revitalizačních opatření

Tab.13:Základní charakteristiky porovnávaných povodí (Ptač a Břežnický potok)

Tab.14:Srovnání m-denních průtoků pro Ptač a Břežnický potok

Tab.15:Srovnání míry variability odtokového režimu Ptač a Břežnického potoka